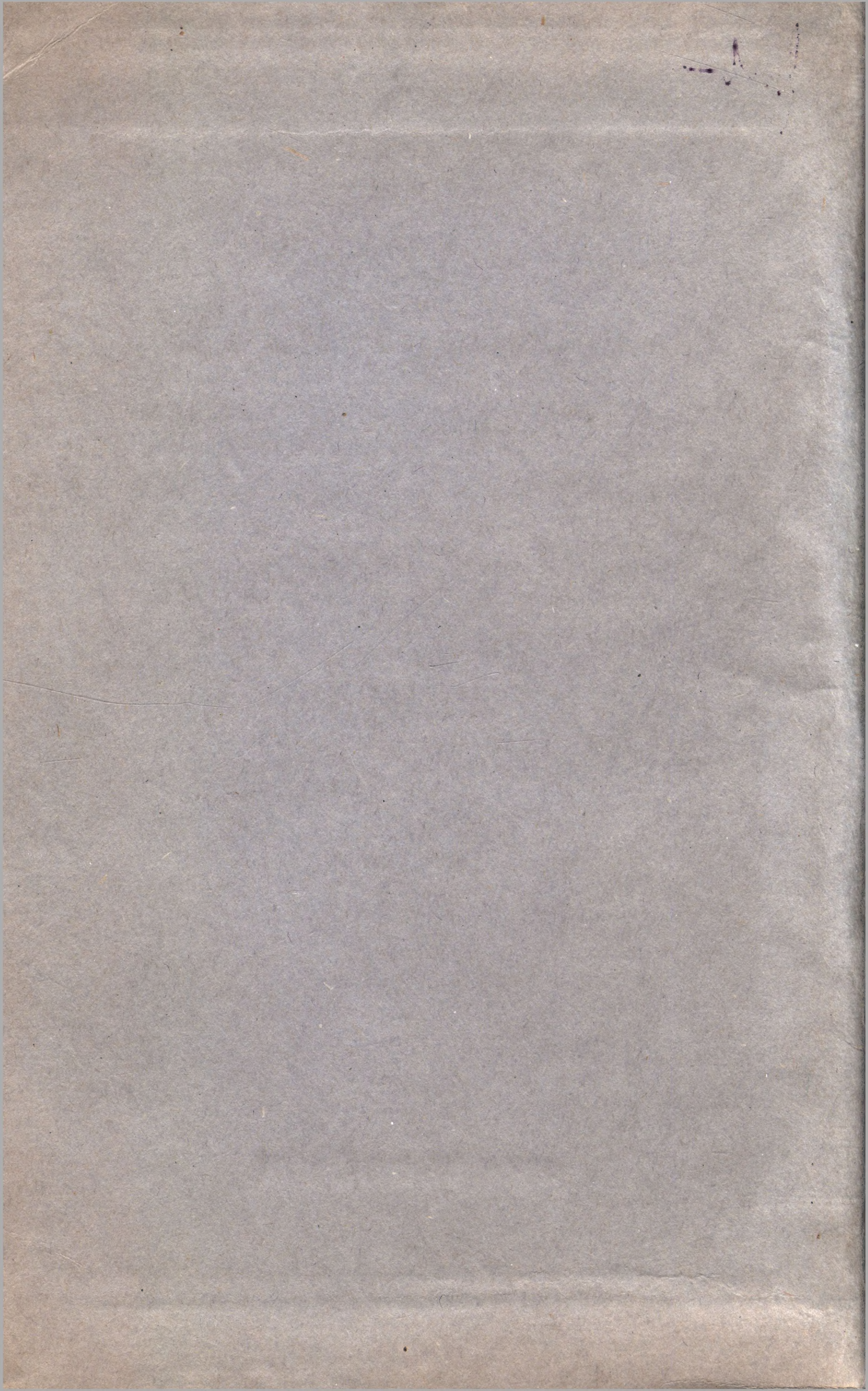
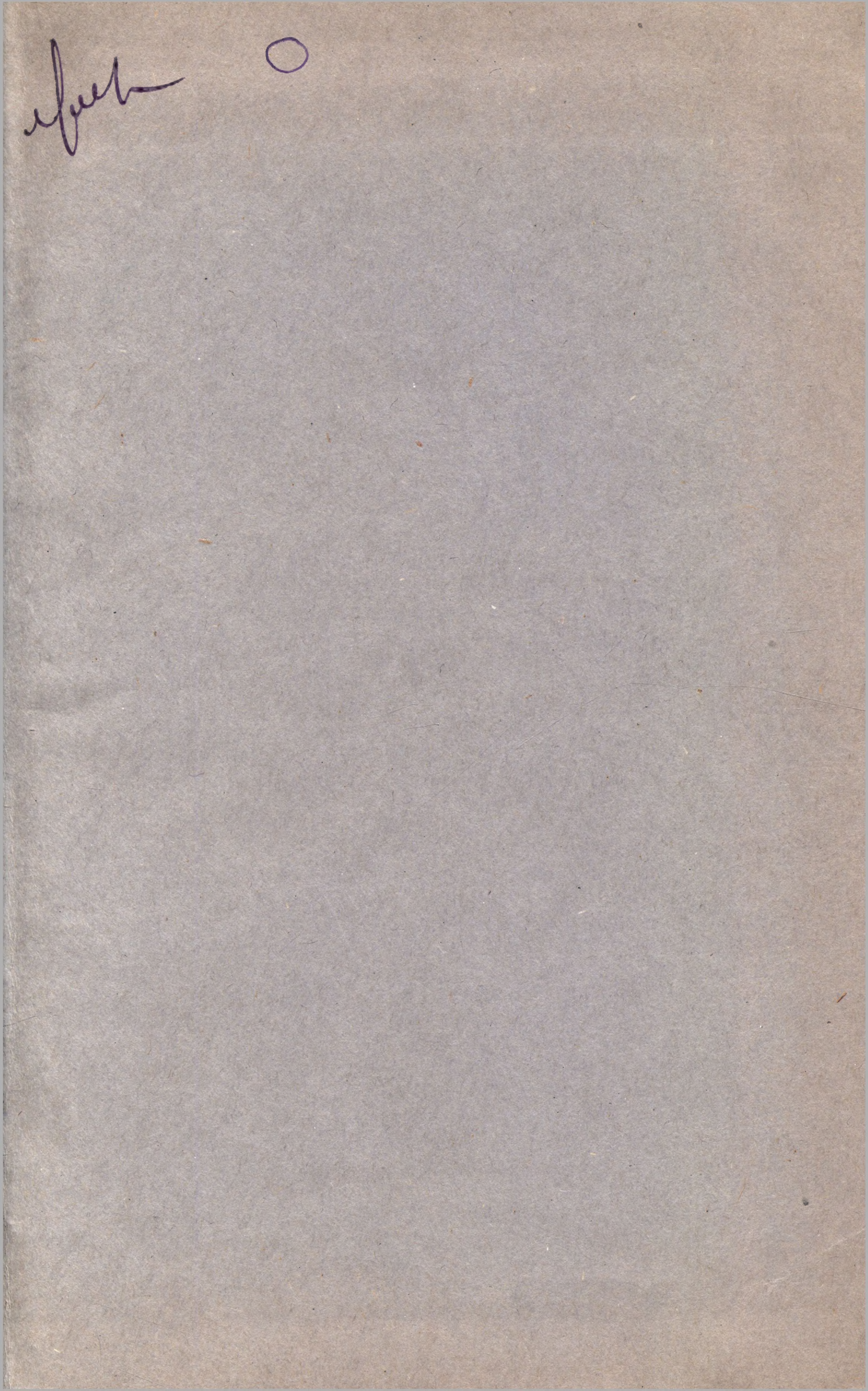
Л. А. Копытин

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ РАДИОЦЕНТРОВ

СВЯЗЬИЗДАТ





Л. А. КОПЫТИН

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ РАДИОЦЕНТРОВ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ
ПО ВОПРОСАМ СВЯЗИ И РАДИО
МОСКВА 1954

ПРЕДИСЛОВИЕ

В директивах XIX съезда Коммунистической партии Советского Союза указывается на необходимость обеспечения дальнейшего развития средств связи и в том числе на необходимость значительного увеличения мощности радиовещательных станций.

Увеличение мощности радиостанций должно сопровождаться повышением качества радиопередач. Вместе с тем реконструируемые и вновь строящиеся радиостанции рассчитываются на обслуживание их минимальным эксплуатационным штатом, благодаря широкому внедрению автоматизации.

Всё это значительно повышает роль эксплуатационного персонала радиостанций. Квалификация его должна быть более высокой, учитывая, что оборудование будет обслуживаться без дежурного персонала и потребует очень тщательной наладки и регулировки.

Заметного улучшения работы действующих радиостанций можно зачастую добиться без капитальной замены оборудования, а путём его совершенствования, рационального использования и повседневного внимательного ухода за ним.

Выполнение указанных выше важнейших задач таким образом в большой мере зависит от связистов, обслуживающих передающие радиоцентры нашей страны.

Настоящая книга предназначается в качестве пособия для эксплуатационного персонала и особенно для молодых инженеров и техников передающих радиоцентров. Круг рассматриваемых в книге вопросов ограничен наиболее актуальным с точки зрения автора материалом, связанным с практикой повседневной технической эксплуатации оборудования радиостанции. Эксплуатационные нормы, инструкции, правила ремонта и т. п. в настоящее время либо пересматриваются, либо имеются на радиоцентрах и ввиду этого в книге не приводятся.

Не рассмотрены также вопросы проектирования передающих радиоцентров и, как правило, не даётся описание отдельных элементов оборудования, так как этому посвящён специальный труд автора «Передающие радиоцентры», выпущенный Связьиздатом в 1951 г.

В настоящей книге автор стремился обобщить передовой опыт многочисленного коллектива работников радиосвязи и радиовещания и свой личный опыт по улучшению качества и удешевлению стоимости эксплуатации при максимально эффективном использовании установленного оборудования. Автор использовал и систематизировал также сведения по эксплуатации радиоцентров, опубликованные в литературе. Следует, однако, иметь в виду, что многие из рекомендуемых положений ещё не являются окончательно установившимися и могут подвергнуться в дальнейшем необходимым коррективам. Тем не менее автор счёл нужным осветить эти вопросы с тем, чтобы они стали предметом широкого обсуждения творческого коллектива радиоспециалистов.

Все указания и дополнения будут приняты автором с благодарностью.

В заключение автор выражает свою глубокую признательность работникам предприятий Министерства связи, долголетняя совместная деятельность с которыми сделала возможным выпуск настоящей книги.

Автор весьма признателен Е. П. Хмельницкому за его большую работу по редактированию книги и ряд ценных советов и рекомендаций.

Л. А. КОПЫТИН

ВВЕДЕНИЕ

Наша страна является родиной радио. А. С. Попов первым в мире осуществил связь по радио и заложил основы технической эксплуатации нового вида связи. Необходимость создания правил эксплуатации радиосредств возникла одновременно с появлением первых радиоустановок в русском флоте и, естественно, за основу были взяты морские правила ведения переговоров при помощи оптической сигнализации.

В конце 1899 г. броненосец «Генерал-адмирал Апраксин» в метель наскочил на камни у острова Гогланд. Операции по спасению корабля требовали установления связи с берегом. А. С. Попов предложил применить новое средство связи — радио для передачи телеграмм между островом Гогланд и городом Коткой на расстоянии свыше 40 *км*.

Успешная реализация этого предложения позволила передать за время операции по снятию судна с камней 440 телеграмм. Телеграфный журнал, содержащий записи телеграмм и служебные отметки, явился по сути дела одним из первых документов по организации эксплуатации радиосвязи. Положительные итоги применения радиосвязи, полученные при спасении броненосца, толкнули морское министерство на организацию при минном классе в Кронштадте первого курса по радио для ознакомления судовых минных офицеров флота с аппаратурой радиотелеграфа и приёмами работы при его эксплуатации.

А. С. Попов лично руководил этим делом. Он разработал в апреле 1900 г. программу курса телеграфирования без проводов и программу практических занятий.

Специальные радиотелеграфные курсы в учебно-минном отряде Балтфлота открылись в марте 1901 г. В мае 1901 г. аналогичные курсы были организованы для минных офицеров Черноморского флота.

Непрерывно возраставшее число радиоустановок привело к созданию в 1903 г. специальной комиссии по регламентации беспроводного телеграфа во флоте. Комиссия ставила своей целью разработать необходимые законоположения и инструкции по эксплуатации нового вида связи.

В 1903 г. в Берлине состоялась первая международная предварительная радиотелеграфная конференция, а в 1906 г., там же,— вторая радиотелеграфная международная конференция, определившая основы радиотелеграфного регламента. Регламент предусматривал порядок дачи сигналов бедствия, диапазон волн для связи и т. п.

В 1907 г. по предложению морского ведомства в России была создана междуведомственная комиссия по радиотелеграфу, которая обсудила порядок действия радиостанций различных ведомств и выработала общие правила пользования радиотелеграфными станциями в России.

Правила предусматривали порядок передачи и приёма телеграмм и ответа на вызовы, устанавливали позывные и содержали рекомендации по уменьшению взаимных помех между станциями.

В Черноморском флоте к этому времени была введена работа кодом, что значительно ускорило время передачи телеграмм и повысило эффективность действия радиотелеграфа.

В 1909 г. на основе опыта эксплуатации был установлен код для всеобщего применения и разработаны более подробные правила эксплуатации, применявшиеся длительное время.

В 1910 г. в России создаётся постоянный междуведомственный радиотелеграфный комитет, ведающий развитием сети радиостанций в стране и устанавливающий порядок использования радиосредств.

В 1911 г. созданное международным союзом электросвязи Бернское бюро зарегистрировало 1583 действующие радиостанции во всём мире.

В 1912 г. в Лондоне состоялась третья международная радиотелеграфная конференция, которая пересмотрела радиорегламент 1906 г. и внесла в него ряд добавлений о порядке работы береговых станций, о дежурных волнах связи, о передаче сигналов времени и метеосводок, о вводе трёхбуквенного кода, о запрещении работы упрощёнными искровыми станциями, за исключением аварийных случаев, и т. д.

На последующих конференциях к основным эксплуатационным правилам принимались дополнительные статьи, регламентировавшие применение более совершенных методов и аппаратуры радиосвязи. Радиосвязь стали использовать в России уже не только в интересах военно-морского флота, но и для нужд гражданских ведомств.

Была организована сеть искровых радиостанций для обслуживания побережья Северного Ледовитого океана и Дальнего Востока. Были построены мощные радиостанции для связи крупных центров внутри страны и за её пределами. Новый вид связи значительно усложнялся, вводились новые образцы оборудования, применялась ретрансляция телеграмм и т. д.

Производство отечественного радиооборудования в условиях царской России встречало большие трудности из-за косности и, главным образом, из-за финансовой зависимости царской России от зарубежных стран.

Небольшая группа специалистов-энтузиастов со значительными трудностями развивала русскую радиопромышленность на базе кронштадтских мастерских и путём размещения заказов на отдельных заводах страны.

В 1910 г. мастерские были переведены из Кронштадта в Петербург. Здесь, на новом месте в Гребном порту, была организована постройка новых радиостанций для флота. В 1915 г. уже все вступавшие в строй новые суда снабжались радиостанциями отечественного производства, изготовленными радиотелеграфным депо морского ведомства. Депо изготовило и установило также радиостанции для ряда стационарных пунктов, расположенных в различных районах страны. Всего за один год было изготовлено 87 радиостанций, в том числе несколько мощных, что для того времени было крупным достижением. Успешная деятельность депо привела к его переименованию 15 июня 1915 г. в Радиотелеграфный завод морского ведомства (позже завод им. Коминтерна). Размеры производства так же, как и номенклатура выпускаемой продукции, были значительно увеличены.

Организация в стране разработки и изготовления радиоаппаратуры укрепила и развила мастерство таких известных специалистов как М. В. Шулейкин, А. А. Петровский, В. П. Вологдин, Н. Н. Циклинский и др.

Кроме завода морского ведомства, радиоаппаратуру в России изготавливали также два частных завода — РОБТиТ и Акционерного общества русских электротехнических заводов Сименс и Гальске, являвшихся практически зависимыми заводами заграничных фирм: английской — Маркони и немецкой — Сименс и Гальске. В связи с возникшей первой мировой войной деятельность этих заводов, оторванных от своего основного производства и хозяев за границей, вынужденно изменилась. Они получили бóльшую самостоятельность и организовали у себя лаборатории для разработки новой радиоаппаратуры. Лабораториями руководили известные русские учёные: Н. Д. Папалекси — на заводе Сименс и Гальске и Л. И. Мандельштам — на заводе РОБТиТ. Это привело к группированию около них кадров молодых специалистов, освоивших новую и непрерывно развивающуюся отрасль—радио, но, конечно, все эти первые успехи не могли получить в царской России необходимого роста. Только с установлением советской власти в России развитие радио встало на широкий открытый путь прогресса.

Декретом Совнаркома в июле 1918 г. «О централизации радиотехнического дела» все средства радиосвязи были переданы

в ведение Наркомпочтеля с возложением на него задачи планирования строительства новых радиостанций.

2 декабря 1918 г. Владимир Ильич подписал «Положение» о радиолаборатории с мастерскими в системе НКПиТ в Нижнем Новгороде. В период 1918—1922 гг. лаборатория являлась единственным научным и промышленным центром советской радиотехники.

С конца 1918 г. по решению правительства все заводы, выпускающие аппаратуру связи, кроме морского ведомства, были объединены в один трест. Этот трест организовал на радиомашинном заводе в Москве производство дуговых генераторов и вёл в 1919 г. строительство радиостанций им. Моссовета в Москве, в Челябинске и в Харькове, а в следующем 1920 г.—станций в Новониколаевске, в Детском Селе и первой выделенной приёмной станции в Люберцах.

В 1921 г. строительство велось уже расширенным фронтом. Создавалось 400 приёмных станций для приёма газетной информации. Строились новые передающие радиостанции: в Москве, Детском Селе, Омске, Новониколаевске, Ташкенте, Харькове, Царицыне, Екатеринбурге и реконструировались станции на Октябрьском поле и им. Моссовета в Москве.

Крупные успехи, достигнутые советским учёным, профессором М. А. Бонч-Бруевичем по созданию мощных генераторных ламп, сделали возможным быстрое развитие радиотелефонии и радиовещания.

Ещё в сентябре 1920 г. Бонч-Бруевич доложил I Радиотехническому съезду об успешных опытах по организации радиотелефонных передач из Нижнего Новгорода в Москву и в том же 1920 г. установил первый опытный радиотелефонный передатчик в Москве, передачи которого были приняты в районе Берлина. Обратная передача не могла быть выполнена из-за отсутствия в Германии в то время аналогичного оборудования.

27 января 1921 г. Совет Народных Комиссаров принял специальное постановление о строительстве ряда радиотелефонных станций в Москве и наиболее важных пунктах Республики. В 1922 г. создаётся специальный завод вакуумных приборов. Можно сказать, что 1921—1922 годы явились решающими для бурного прогресса нового вида связи в молодой советской республике.

В дальнейшем Советское правительство внимательно следит за успехами специалистов в области радиотехники, направляя их деятельность по правильному пути.

Подготовка кадров радиоспециалистов началась с августа 1920 г. в Московском электротехникуме народной связи, реорганизованном в январе 1921 г. в Электротехнический институт связи им. В. Н. Подбельского.

Одновременно крупнейшие втузы страны организовали при электротехнических факультетах секции для специализации студентов в области радио и проводной связи.

Крупнейшие учёные страны: М. В. Шулейкин, А. И. Берг, И. Г. Фрейман и др. возглавили обучение специалистов, разработали первые теоретические основы по всем важнейшим дисциплинам новой отрасли связи и написали первые учебники. Создание квалифицированных кадров обеспечило дальнейшее поступательное движение радио в нашей стране. Следует особенно отметить работу советских учёных и радиоспециалистов: Б. А. Введенского, А. А. Пистолькорса, А. Н. Щукина, А. Л. Минца, Б. П. Асеева, З. И. Моделя и многих других.

В последующие годы принципы радиотехники нашли разнообразное применение во многих других отраслях науки и техники.

Наряду с этим совершенствовались методы эксплуатации действующих радиостанций. Основной порядок приёма и передачи радиотелеграмм сохранился почти в неизменном виде со времени первых радиосвязей. Телеграммы передавались и принимались непосредственно на радиостанции, причём дежурный радиотехник принимал телеграммы на слух и поочерёдно переходил с передачи на приём и обратно. Телеграммы доставлялись на радиостанции, расположенные за городом, обычным видом транспорта.

С пуском Люберецкой выделенной приёмной станции в корне изменилась вся организация радиосвязи, так как телеграфист уже находился в центре города, на телеграфе, откуда по соединительным проводам с передающей и приёмной радиостанциями мог вести передачу телеграмм прямо из пункта их подачи клиентурой. Кроме того, центральная аппаратная (радиобюро) управляла всеми передатчиками и могла маневрировать средствами связи, имеющимися в данном пункте. Близость телеграфа позволяла также распределить телеграммы между радио и обычным проводным телеграфом. С этого момента приём и передача могли идти одновременно, а не поочерёдно, что больше, чем вдвое, увеличивало пропускную способность радиосредств.

Внедрение сначала быстродействующей, а затем буквопечатающей аппаратуры ещё более повысило эффективность радиотелеграфа. Введение единой буквопечатающей стартстопной аппаратуры на линиях радио и проводной связи позволило ликвидировать радиобюро, объединив в едином телеграфе радио и проводную аппаратуру, работающую в данном направлении.

Сооружение мощных длинноволновых станций требовало затраты больших средств. Успехи в изучении распространения коротких волн дали новый толчок к дальнейшему развитию радиосвязи. В результате исследований Бонч-Бруевича, Шу-

лейкина и других, были выявлены законы распространения коротких волн и определены их эксплуатационные особенности: суточная и сезонная смены волн, подбор рабочих частот по часам суток, возможность применения направленных антенн, борьба с эхо, с замираниями и т. д.

В дальнейшем выявилась необходимость внедрения на наиболее трудных по прохождению коротковолновых радиолиниях автоматической ретрансляции через промежуточные пункты. Метод ретрансляции применялся и ранее на длинных волнах.

Последние годы ознаменовались повсеместным переводом радиосвязей на метод частотной манипуляции.

Большой и славный путь развития прошло и советское радиовещание.

7 ноября 1917 г. радиостанция крейсера «Аврора» в Петрограде передала историческое обращение Военно-революционного комитета ко всем гражданам России о переходе государственной власти в руки Советов. Так впервые в мире радио было использовано как средство передачи информации для оповещения широких масс, для массового радиовещания.

В 1920 г. в письме к профессору М. А. Бонч-Бруевичу В. И. Ленин писал: «Пользуюсь случаем, чтобы выразить Вам глубокую благодарность и сочувствие по поводу большой работы радиоизобретений, которую Вы делаете. Газета без бумаги и «без расстояний», которую Вы создаете, будет великим делом. Всяческое и всемерное содействие обещаю Вам оказывать этой и подобным работам».

После разработки в 1921 г. мощных телефонных усилителей начали осуществляться ежедневные громкоговорящие передачи газетных известий в Москве. Центральная станция помещалась в Милютинском переулке и имела проводную связь с Советской площадью, где был установлен громкоговоритель. Позднее громкоговорящая передача газеты проводилась на Театральной, Серпуховской, Елоховской, Андроньевской площадях, а также на Девичьем Поле и у Пресненской заставы. Кроме передач газетных известий передавались также лекции и выступления ораторов. Таким образом возникло регулярное радиовещание.

19 мая 1922 г. в письме к товарищу Сталину о развитии радиотехники Владимир Ильич писал: «...Предлагаю вынести постановление об ассигновке сверх сметы в порядке экстраординарном до 100 тысяч рублей золотом из золотого фонда на постановку работ Нижегородской радиолаборатории, с тем чтобы максимально ускорить доведение до конца начатых ею работ по установке вполне пригодных громкоговорящих аппаратов и многих сотен приемников по всей Республике, способных повторять для широких масс речи, доклады и лекции, произносимые в Москве или другом центре...».

В 1922 г. вступила в строй первая мощная радиовещательная станция в Москве (впоследствии имени Коминтерна), открыв этим новую эру в развитии радиовещания.

В октябре 1924 г. была создана первая государственная организация — «Акционерное общество для широкого вещания по радио», начавшая систематическое радиовещание по установленному расписанию.

С развитием радиопередач на коротких волнах появилась возможность осуществить передачу вещания практически на любые расстояния. Для этой цели в Москве в 1936 г. был сооружён мощный коротковолновый радиовещательный центр.

Радиовещание в СССР приобрело исключительное значение в деле приобщения к политической и культурной жизни широчайших масс населения.

Особенно возросла роль радио в годы Великой Отечественной войны. Миллионы людей во всём мире имели возможность ежедневно получать правдивую и полную информацию о событиях на фронтах и внутри страны. Благодаря радио население нашей страны было всегда в курсе важнейших военных, политических и международных событий. Огромное значение имело радио также для населения временно оккупированных районов.

Возраставший интерес к радио и увеличившийся круг радиослушателей привели к организации единовременной передачи трёх центральных и многих республиканских и областных программ. Советские передачи в настоящее время ведутся ежедневно более чем на 70 языках народов СССР и на нескольких десятках иностранных языков. Свыше 200 редакций работают по созданию вещательных программ. Всё это потребовало большой организационной работы по обеспечению повседневного, бесперебойного действия сети советского радиовещания.

Первые радиовещательные станции часто устанавливались в самом городе. В одном здании располагалось оборудование передатчика и радиоаппаратной. Здесь же была и единственная студия. Увеличение мощности радиостанций потребовало выноса её за город и соединения со студией трансляционным кабелем. Повышение требований к художественности передач заставило производить их из студий различного объёма и звучания, в зависимости от характера исполнения и числа участвующих в передаче. В городах были построены специальные радиодома, объединяющие радиоаппаратные и студии в единый комплекс.

Большой прогресс достигнут в области звукозаписи. Воспроизведение звукозаписи занимает в современном вещании значительный процент от общего времени всех передач. Для осуществления трансляций передач из других городов радиодома соединены с междугородной телефонной станцией и выделенным приёмным центром. Таким образом, современная радиосвязь и радио-

вещание представляют сложный комплекс взаимодействующих технических средств, эксплуатация которых требует высокой чёткости и точности работы обслуживающего персонала. Необходимость изменения мощности и частот на протяжении суток, переключения антенн на то или иное направление, подсоединения передатчиков к одной из многочисленных, одновременно передаваемых программ и т. д. привела к разработке новых правил и инструкций технической эксплуатации передающих радиоцентров.

В соответствии с решениями XIX съезда партии о всемерном внедрении автоматизации от радиоконструкторов и изобретателей требуется разработка совершенных автоматических устройств, облегчающих персоналу наблюдение и контроль за всеми операциями, а также быстрое определение и ликвидацию возможных ошибок в коммутации.

Каждый работник эксплуатации обязан детально и глубоко изучить оборудование, выработать у себя чёткие, уверенные движения, обеспечивающие минимальную затрату времени на производство той или иной операции. Отличное знание и обслуживание оборудования — залог успеха в достижении высококачественной, бесперебойной работы радиоцентров нашей страны.

ГЛАВА I

ПЕРЕДАЮЩИЙ ТРАКТ РАДИОВЕЩАНИЯ И РАДИОСВЯЗИ

I.1. Передающий радиовещательный тракт

Передающим радиовещательным трактом называется совокупность технических средств, участвующих в передаче вещания.

Наиболее обычным и простым трактом является такой, при котором студии и передатчик находятся в одном городе и соединены между собой кабельной линией.

На рис. I.1 приведена схема радиовещательного тракта до модуляционного устройства на передатчике.

В передаче обычно участвует несколько микрофонов *1*, имеющих каждый свои микрофонные усилители *2* и индивидуальные регуляторы величины подаваемого сигнала *3*. Далее сигнал проходит корректирующие контуры *4*, повышающие или понижающие высокие и низкие звуковые частоты. Откорректированный сигнал через согласовывающий трансформатор *5а* поступает к общему регулятору тракта *6* и затем к промежуточному усилителю *7*. Вся аппаратура, начиная с индивидуальных регуляторов, располагается в фонической (так называется служба при студиях, где сигнал, воспринимаемый несколькими микрофонами, формируется по силе и тембру). С выхода промежуточного усилителя сигнал поступает через выходной трансформатор *5б* в центральную аппаратную.

Обычно в радиоаппаратной имеется несколько студий со своими фоническими и центральная аппаратная может подключить к линии, идущей на радиостанцию, сигналы из различных фонических.

Очевидно, что сигналы, поступающие в центральную аппаратную, должны быть так отрегулированы по уровню, чтобы переключение на различные фонические не требовало бы дополнительных регулировок. Для этой цели и служит упомянутый выше общий регулятор *6*, а также индикатор уровня *13*, подключённый через усилитель *12* к выходу промежуточного усилителя *7*.

Кроме того, сигналы с выхода промежуточного усилителя поступают к контрольному динамику *11*, установленному в фонической, через дополнительный регулятор уровня *9* и контрольный усилитель *10*.

Центральная аппаратная для усиления и контроля передачи имеет установочный регулятор *14*, определяющий уровень подачи

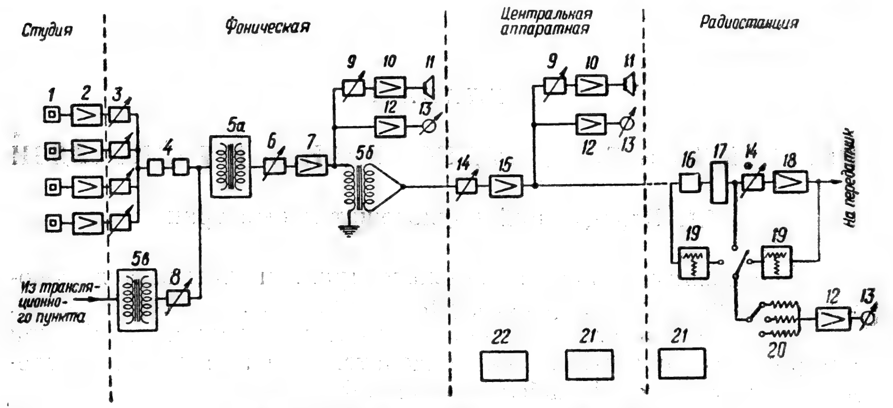


Рис. I.1. Схема радиовещательного тракта

на передатчик через оконечный усилитель *15*. Для измерения и контроля качественных показателей имеются контрольно-измерительная стойка *21* и контрольный приёмник *22*. Для контроля выхода оконечного усилителя сигналы одновременно поступают на контрольный динамик *11*. Кроме того, уровень сигналов, подаваемых в линию, контролируется вторым индикатором уровня *13*, включённым к выходу оконечного усилителя. Следующим элементом передающего тракта является воздушная или кабельная соединительная линия. Линия заканчивается на передающем радиоцентре, на кабельном боксе.

Для устранения неравномерного затухания отдельных частот в линии сигнал корректируется после кабельного бокса линейным корректирующим устройством *16* и затем через линейный коммутатор *17* поступает на тот или иной передатчик.

Следует отметить, что обычно оконечные усилители и линии закрепляются за передатчиками и нормально никакая коммутация на передающем радиоцентре не производится, за исключением случаев неисправности выделенной линии. Закрепление оборудования за трактом благоприятно сказывается на постоянстве уровня и качестве передач.

Участок тракта, относящийся непосредственно к передатчику, состоит из установочного регулятора *14*, линейного (кабельного) усилителя и ограничителя модуляции *18*.

Контрольный индикатор уровня *13* при помощи переключателя может быть подключён ко входу линии до или после линейного корректирующего устройства и ко входу на передатчик. Для измерения с наилучшим отсчётом по шкале служит переключатель у самого прибора *20*. Для измерения электроакустических показателей имеется контрольно-измерительная стойка *21*. Аттенюаторы *19* служат для обеспечения возможности измерения различных уровней передачи.

Радиовещательный тракт, как правило, будучи заранее отрегулирован, может дополнительно регулироваться только в фонической, устанавливающей динамический уровень передачи. Регулировка на передающем центре не должна производиться. В случае изменения уровня по вине оборудования тракта корректировка его должна быть произведена в центральной аппаратной. Регулировка в центральной аппаратной после первоначального установления уровня не должна изменяться.

Если приходится подключать к выходу оконечного усилителя различное число потребителей, то регулировка неизбежна, но устанавливаемые уровни для различных вариантов схем включения должны быть определены до передачи.

Таким образом, правильная эксплуатация радиовещательного тракта требует определения уровней сигнала для различных его участков. Графическое изображение электрических уровней вдоль радиовещательного тракта называется диаграммой уровней. Диаграмма определяет напряжение в децибелах от условного нулевого уровня. За нулевой уровень принято напряжение, равное 0,775 эффективных вольт, что по мощности соответствует 1 милливатту при нагрузке в 600 *ом*. Напряжение выше, чем 0,775 *в*, считается положительным уровнем, ниже — отрицательным. Уровень передачи в децибелах определяется формулой:

$$L = 20 \lg \frac{U}{0{,}755} \text{ дб},$$

где U — напряжение в данной точке.

На рис. I.2 построена диаграмма для начального звукового давления перед микрофоном в 10 *бар*, что соответствует давлению, развиваемому диктором на пиках при громком чтении (для студий с низким уровнем шума следует принимать начальное давление в 1—2 бара). Отдача микрофона МД-30 при нагрузке в 600 *ом* составляет 0,16 *мв/бар*. Таким образом, уровень на входе микрофонного усилителя будет равен 1,6 *мв* или — 54 *дб*.

Микрофонный усилитель даёт усиление в 45 *дб* и после него уровень равен — 9 *дб*. Индивидуальный регулятор имеет остаточное затухание согласовывания 15 *дб* и после него уровень равен — 24 *дб*.

Далее учитывается затухание в корректирующем устройстве 4 *дб* и в общем регуляторе 17 *дб*. В итоге на входе промежуточного усилителя уровень равен — 45 *дб*, а после усиления на выходе в центральную аппаратную он равен 0 *дб*. На установочном регуляторе сигнал затухает до — 16 *дб*, а затем усиливается в оконечном усилителе на 40 *дб* до + 24 *дб* и поступает в линию.

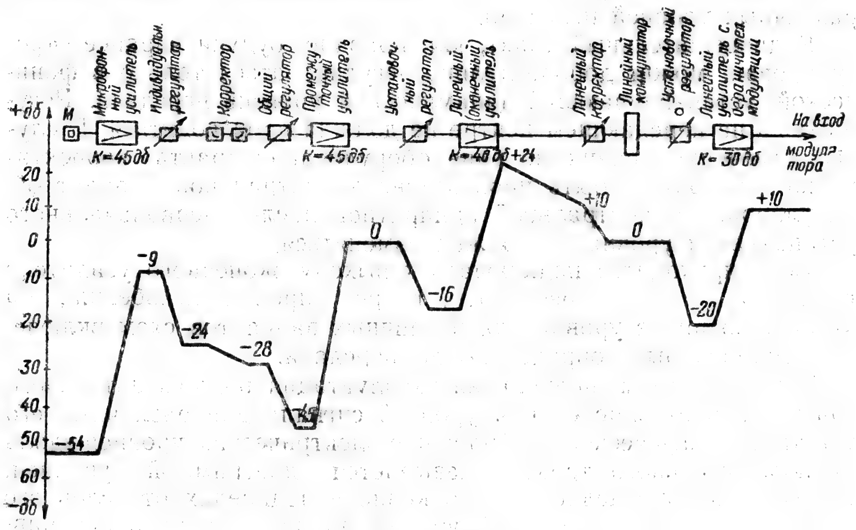


Рис. I.2. Диаграмма уровней

Уровень в + 24 *дб* предусматривает использование, кроме кабельных экранированных пар, также и обычных телефонных, которым свойственен более высокий уровень различных помех. В соответствии с установленными правилами, при удовлетворительном состоянии соединительных линий максимальный уровень передачи в линию не должен превышать при частоте 800 *гц* — + 17 *дб* (5,5 *в*). Этот уровень и должен устанавливаться там, где это оказывается возможным.

Затухание в соединительной линии принято в 14 *дб* так, что сигнал приходит на передающий радиоцентр с уровнем +10 *дб*. Далее 10 *дб* теряется в корректирующем устройстве, 20 *дб* — в установочном регуляторе и сигнал к линейному усилителю подходит при уровне — 20 *дб*. Линейный усилитель совместно с ограничителем модуляции имеют усиление в 30 *дб* и сигнал при уровне + 10 *дб* подходит к модулятору. Этот уровень должен соответствовать модуляции передатчика равной 100%. Соответственно этому уровень в контролируемых точках должен равняться на выходе из фонической нулю, на выходе в линию

$+ 24$ *дб* (или $+ 17$ *дб*) и на передатчике в контролируемых точках $+ 10$ *дб*, 0 и $+ 10$ *дб*.

Регулировку уровня часто ведут не при стопроцентной модуляции, а при каком-либо среднем значении её, например, при $m = 50\%$, соответственно понижая все уровни на 6 *дб*.

Рассмотренная схема радиовещательного тракта предполагает получение программы из студии; в действительности, программа может быть подана в центральную аппаратную также из концертного зала, расположенного где-либо в городе, или с звуковоспроизводящего аппарата, а также с выделенного приёмного радиоцентра или междугородной телефонной станции. Для всех случаев наиболее правильной схемой тракта будет такая, при которой программа подаётся сначала в центральную аппаратную.

Уровень должен быть установлен так, чтобы весь дальнейший тракт от входа на оконечный усилитель в радиоаппаратной до передатчика не требовал бы дополнительной регулировки.

Следует отметить, что если при трансляции программы из концертного зала или при воспроизведении звукозаписи возможно предварительное установление уровня, то при трансляции программы с выделенного приёмного пункта или с междугородной телефонной станции уровень в процессе ведения передачи может сильно изменяться. Это объясняется тем, что при передаче на большое расстояние по проводам неизбежны случаи подмены проводов, а также изменения затухания проводов из-за выпадающих дождей, инея, гололёда и т. д. Особенно велики эти изменения тогда, когда для подачи программы используются каналы высокой частоты, несмотря на то, что там применяются регулирующие устройства. При подаче программы по кабельной

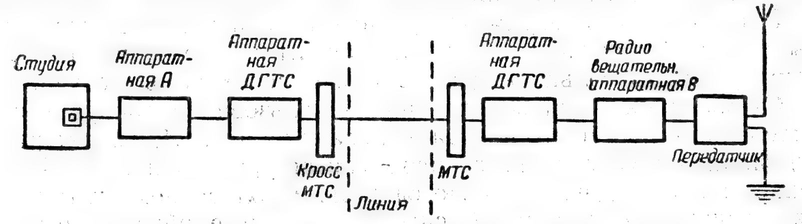


Рис. I.3. Схема тракта междугородного вещания

линии затухание более постоянно, но и здесь при большом протяжении необходима регулировка. Регулировка производится вручную или, в более современных системах,— автоматически.

При междугородном вещании тракт и управление им становятся более сложными. Схематически такой тракт приведён на рис. I.3. Сигнал от микрофона, установленного в студии, через

оконечный усилитель в аппаратной *A* поступает по соединительной линии в аппаратную двусторонней групповой телефонной связи (ДГТС). Аппаратная ДГТС, связанная непосредственно с радиовещательной аппаратной *A* и с кроссом междуго-

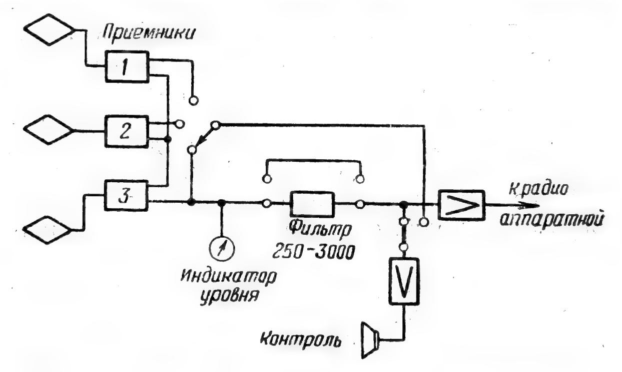


Рис. I.4. Схема трансляции передач с выделенного приёмного центра

родной телефонной станции, имеет необходимые средства коммутации для передачи программы на ряд направлений и необходимые корректирующие и регулирующие приборы, а также может быстро установить служебную связь с встречной аппаратной ДГТС и с промежуточными пунктами. На встречном конце принятая передача подаётся через МТС в аппаратную ДГТС и далее в радиовещательную аппаратную *B*. Там устанавливается необходимый уровень, и сигналы подаются далее по нормальному тракту на передатчик.

Установление диаграммы уровней передачи для данной схемы также обязательно, и к регулировкам во время передач следует прибегать только в действительно необходимых случаях.

Схема трансляции передач при использовании оборудования выделенного приёмного центра показана на рис. I.4. Характерным для данной схемы является переменный уровень подачи. Изменение уровня подачи вызывается резким колебанием силы приёма вследствие замираний сигнала, которые обусловливаются здесь новым элементом радиовещательного тракта — пространством между передающей станцией (программа которой ретранслируется) и выделенным приёмным центром.

Уровень подачи изменяется в меньшей степени при использовании для трансляции средних и особенно длинных волн, так как при этом напряжённость поля на приёме более постоянна. При приёме коротких волн приходится считаться с появлением весьма заметного замирания сигналов, несмотря на наличие у

приёмников автоматической регулировки силы приёма. Значительное улучшение постоянства силы приёма можно получить, применяя сдвоенный, а для приёма удалённых станций,—строенный приём на направленные антенны. Приёму на коротких волнах свойственно также внесение искажений из-за влияния избирательного замирания, при котором отдельные слагающие сигнал частоты затухают неодинаково. Известное улучшение здесь может быть получено применением системы однополосной передачи, когда излучается только одна из боковых полос, а несущая частота используется лишь для вспомогательных целей.

При радиоприёме следует также учитывать возможность появления помех от соседних передач. Приёмники с переменной избирательностью снижают этот недостаток. С появлением помехи приём производится с большей избирательностью за счёт ухудшения акустических качеств приёма. Выбор степени избирательности определяется компромиссным решением с учётом силы помехи, рода передач (речь, музыка) и т. д. В этом случае неизбежна регулировка сигнала и во время передачи. При передаче речи для уменьшения влияния шумов можно включать низкочастотный фильтр, пропускающий полосу 250—3000 *гц* (рис. I.4). Обеспечение хорошего качества ретрансляции при радиоприёме требует очень внимательного обслуживания и постоянного контроля. В связи с затуханиями, наблюдаемыми при приёме очень удалённых станций, часто предпочитают производить предварительную запись принятых передач с переприёмом пропущенных отрывков и исправлением записи. По вполне понятным причинам этот метод применим лишь по отношению к некоторым видам передач. Актуальные передачи, как правило, ретранслируются без предварительной записи.

1.2. Передающий радиотелеграфный тракт

Передающий радиотелеграфный тракт включает все необходимые элементы передачи, начиная от телеграфного ключа или буквопечатающего аппарата до манипулятора передатчика. Простейшим устройством является телеграфный тракт с ручной манипуляцией и слуховым приёмом на телефон (рис. I.5).

Ручная манипуляция применяется на малозагруженных вспомогательных линиях при помощи телеграфного ключа, посылающего в линию сигналы постоянного тока $\pm$ 40 *в*. Более загруженные линии работают с использованием быстродействующей пишущей аппаратуры. Ускорение работы в этом случае достигается предварительной заготовкой перфораторной ленты при помощи ручных пуншеров или механических перфораторов. Текст телеграммы записывается условными отверстиями на бумажную ленту. Лента пропускается с большой скоростью через транс-

миттер. Трансмиттер посылает в линию импульсы тока, которые через механические или электронные реле манипулируют передатчик. На приёме сигналы передаются в телеграфный зал, где записываются ондулятором на бумажную ленту в виде волнообразной линии, изображающей тире и точки. Машинистка, имея перед собой ленту, печатает текст обычным печатным шрифтом на телеграфный бланк.

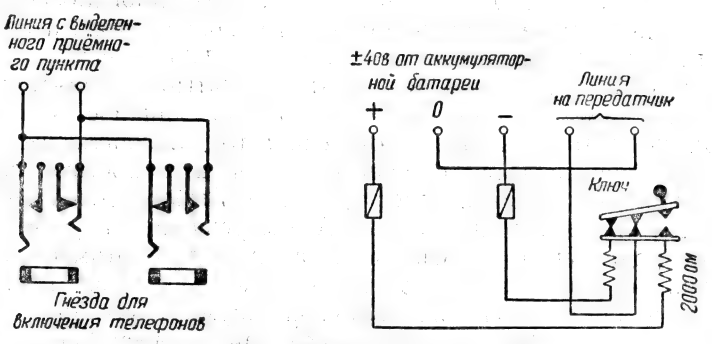


Рис. 1.5. Схема радиотелеграфного тракта

При больших скоростях работы на заготовке ленты для трансмиттера (передающий конец) и на перепечатывании ондуляторной записи на телеграфные бланки (приёмный конец) одновременно работает по нескольку человек. Это обеспечивает необходимую быстроту заготовки ленты для пропуска её со скоростью передачи, соответствующей 250 и больше слов в минуту.

Описанная схема за последнее время подверглась значительному изменению. Передача по линиям импульсов постоянного тока почти повсеместно заменена тональными посылками сигналов различной длительности в соответствии с передаваемым текстом.

Тональное телеграфирование имеет ряд преимуществ. Оно позволяет осуществлять усиление сигналов усилителями низкой частоты, применять многократное использование одной линии для нескольких передач при различных звуковых частотах, уменьшать уровень сигнала, а следовательно, и уровень взаимных помех при использовании соседних линий для других видов передач. Кроме того, при тональной передаче имеют место меньшие искажения передаваемых сигналов.

Серьёзным улучшением радиотелеграфного тракта является переход с быстродействующей аппаратуры на буквопечатающие аппараты типа Бодо и стартстопные. Переход на буквопечатание позволил: применить одинаковую аппаратуру, как на проводном телеграфе, так и при передаче по радио, отказаться от специальной переработки телеграмм путём пуншеровки их содержания на

ленту, а затем перепечатки текста на приёмном конце с ленты на телеграфный бланк.

Применение стартстопных аппаратов, имеющих клавиатуру печатной машинки, даёт возможность получать готовый, отпечатанный на бланке текст телеграммы и изменяет весь процесс передачи телеграмм. Это позволяет автоматизировать работу телеграфов, уменьшить число ошибок, ускорить время прохождения телеграмм и сократить число обслуживающего персонала.

Крупным достижением в работе радиотелеграфа является перевод передатчиков с амплитудной манипуляции (АМ) на частотную (ЧМ). При частотной манипуляции передатчик излучает энергию непрерывно, но частота изменяется в соответствии с телеграфным кодом. Нажатию соответствуют колебания одной частоты, отжатию — другой. Работа происходит, таким образом, с активной паузой. Частоты нажатия и отжатия отличаются друг от друга на 500—1000 *гц*. Половина этой разницы называется девиацией частоты. Присутствие высокой частоты в паузе благоприятно сказывается на режиме работы приёмника и значительно повышает помехоустойчивость линии связи. Сравнение двух систем манипуляции показало значительное преимущество ЧМ перед АМ. С переходом на ЧМ во всех линиях, работавших с аппаратурой АМ, оказался большой запас по мощности, что позволило на наиболее тяжёлых по проходимости линиях получить повышение устойчивости работы, а на более лёгких линиях — снизить мощность передатчика в несколько раз. Это обеспечило быстрое внедрение ЧМ на всех линиях радиосвязи.

Переход с АМ на ЧМ осуществляется достаточно быстро, с полным использованием имеющейся аппаратуры. На передающем конце добавляется специальная приставка — задающий генератор, имеющий ту или иную схему изменения частоты. Аналогично на приёмном конце устанавливается приставка к существующим приёмникам для разделения частот манипуляции. Внедрение ЧМ связано с повышением стабильности основной частоты передатчика и приёмника. Это, в свою очередь, благоприятно сказывается на повышении устойчивости работы линии, так как представилось возможным применить кварцевую стабилизацию первого гетеродина приёмника и сократить полосу приёма до 1 *кгц* при девиации в 425 *гц* и до 1,2 *кгц* при девиации в 500 *гц*.

1.3. Аппаратура тональной работы

Для тональной работы по соединительным линиям разработана типовая аппаратура, состоящая из тонального манипулятора (*ТМ*) и тонального усилителя — выпрямителя (*ТУВ*). Общая схема передающего тракта в этом случае применительно к использованию буквопечатающей аппаратуры показана на рис. 1.6.

Получаемые на выходе телеграфного аппарата сигналы, поступают к тональному манипулятору, где они преобразуются в сигналы звуковой частоты различной длительности и передаются через коммутатор в линию. На передающем радиоцентре эти

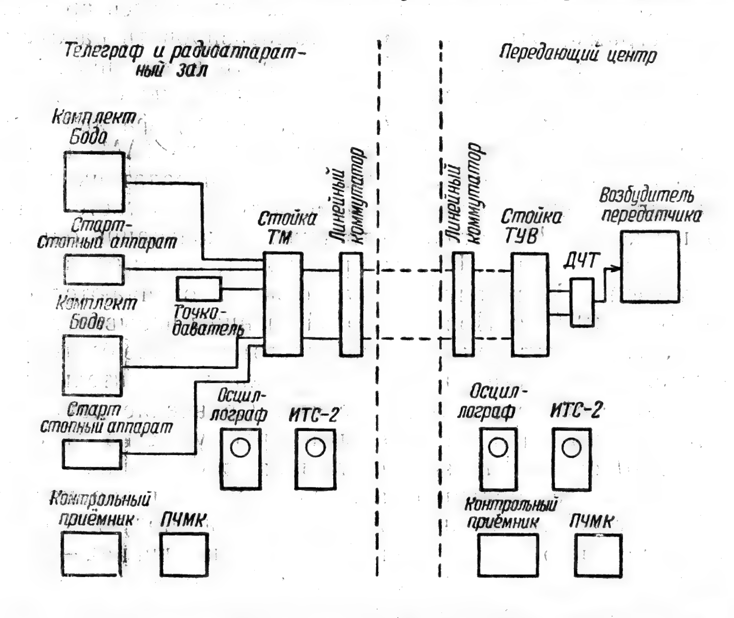


Рис. 1.6. Схема радиопередающего тракта с буквопечатающей аппаратурой

сигналы с помощью тонального усилителя-выпрямителя преобразуются в импульсы постоянного тока, воздействующие непосредственно или через устройство ДЧТ (двойного частотного телеграфирования) на возбудитель передатчика.

При применении многократных систем длительность отдельных посылок очень мала и от аппаратуры тонального телеграфирования требуется сохранение формы сигнала с большой точностью. Аппаратура не должна создавать искажений сигналов, а иногда обязана даже исправлять искажения, возникающие при прохождении сигнала по тракту.

Поступающие в ТУВ сигналы после выпрямления поступают на калибратор посылок, исправляющий их форму и устанавливающий необходимый уровень сигналов. Далее включён фильтр-ограничитель спектра, округляющий форму посылок для уменьшения числа излучаемых частот в той части спектра, которая не используется на приёме и излишне засоряет эфир. Округлённые сигналы воздействуют на реактивную лампу.

Реактивная лампа включена в цепь сетки задающего генератора для осуществления частотной манипуляции девиацией частоты.

1.4. Частотный манипулятор

Для частотной манипуляции используются манипуляторы типов: ВЧД, ВТ-1 и ЧММ-2. Общим требованием к ним является изменение частоты на строго предписанные величины. Для однократной работы применяется отклонение на $\pm$ 500 и $\pm$ 250 *гц*. При двукратной работе, по принципу двойного частотного телеграфирования (ДЧТ), используется манипулирование четырьмя частотами. При однократной работе в пространстве всегда существует только одна частота из двух, при двукратной работе — одна из четырёх. При двукратном телеграфировании сигналы поступают на передатчик по двум каналам к двум ТУВам. Выходы ТУВов подключаются к устройству ДЧТ, воздействующему на общий частотный манипулятор.

Некоторые типы возбудителей, например ВЧД, имеют в своём составе ТУВы и устройство ДЧТ, образуя общую конструкцию в одной стойке.

Для регулировки линии и контроля качества сигнала служат следующие приборы: точкодаватель, двухлучевой или двухтрубчатый осциллограф, измеритель скорости и преобладания ИТС-2, контрольный приёмник с градуированным по частоте вторым гетеродином и устройством ПЧМК, используемым для контроля работы двухканального телеграфирования по системе ДЧТ. Аналогичный набор аппаратуры (кроме точкодавателя) имеется на передающем центре. Точкодаватель даёт калиброванные точки и весьма облегчает работу по быстрой регулировке аппаратуры на линии связи при неустойчивом прохождении, изменении скорости работы и при смене рабочей частоты.

Катодный осциллограф применяется с двумя трубками для одновременного наблюдения двух сигналов на входе и выходе проверяемого устройства.

Ещё более удобным является применение двухлучевого осциллографа или осциллографа с электронным коммутатором, позволяющего осуществлять одновременный контроль двух сигналов на общем экране. На экран трубки обычно наносится измерительная шкала, дающая возможность использовать осциллограф как измеритель уровня. Измеритель искажений телеграфных сигналов типа ИТС-2 служит для измерения преобладания телеграфного сигнала в различных точках телеграфного тракта. Прибор позволяет измерить как временное, так и амплитудное преобладание. Контрольный приёмник служит для измерения девиации частоты.

Для измерения девиации частоты может быть использован также прибор — «девиометр» или «ИРЧ» (измеритель разноса частоты).

Прибор ИРЧ, разработанный А. А. Магазаником, предназначен для измерения отклонений частот при частотном телеграфировании от стандартных значений частот, принятых для радиотелеграфной аппаратуры в СССР.

Прибор может быть использован как для обычного частотного телеграфирования, так и для телеграфирования по принципу ДЧТ. Кроме того, прибор ИРЧ позволяет приближённо измерять отклонения частот, лежащих в пределах полосы шириной в 3000 *гц*, а также определять паразитную частотную модуляцию сигналов фоном питающих напряжений.

Измерения могут производиться как вблизи передатчика, так и на приёмном радиоцентре или на контрольном пункте.

Прибор состоит из радиоприёмника, имеющего второй гетеродин, осциллографа типа ЭО-4 или ЭО-5 и специальной приставки. Приставка имеет общие элементы регулирования принятого сигнала и его изображения на экране осциллографа и четыре измерительных канала по числу измеряемых частот. Каждый измерительный канал содержит полосовой фильтр для выделения одной частоты, дискриминатор и выпрямитель.

Величина отклонения частоты измеряется путём непосредственного отсчёта по шкале, нанесённой на экране осциллографа. В случае обычного частотного телеграфирования на экране осциллографа может быть измерен разнос между двумя частотами; в случае ДЧТ — разнос между четырьмя частотами, одновременно спроектированными на экране.

При скоростях телеграфирования до 300 *бод* прибор позволяет измерить отклонение частот до $\pm$ 200 *гц* от нормального положения относительно некоторой условной опорной частоты. Питание прибора осуществляется от сети переменного тока напряжением 120/220 *в*.

ГЛАВА II

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

II.1. Основные задачи технической эксплуатации

Основной задачей технической эксплуатации является такое обслуживание персоналом оборудования, при котором радиоцентр безупречно выполняет установленные задания: по плану часов вещания или предоставлению передатчиков для радиосвязи, по экономии электроэнергии, по поддержанию высоких электротехнических показателей работы оборудования, по экономному расходованию эксплуатационных материалов и деталей. Все эти показатели должны сопровождаться полным отсутствием технических остановок и брака в работе. Достичь такого положения можно только при условии чётко организованной эксплуатации оборудования, хорошо налаженного технического контроля за качественными показателями работы оборудования и своевременного полного выполнения планов текущего и капитального ремонтов.

Отсутствие технических остановок и аварий является одним из важнейших показателей работы предприятия. Повторяющиеся технические остановки показывают, что имеются серьёзные недостатки в работе технического персонала по своевременному выявлению и устранению причин остановок.

При правильно организованной технической деятельности предприятия обслуживающий персонал не только эксплуатирует порученное ему оборудование, но и непрерывно улучшает его, помогая промышленности устранять недостатки в новых конструкциях. Никто так не чувствует допущенных ошибок, неудачных решений при создании новой аппаратуры, как эксплуатационный персонал. Заводы-изготовители всегда высоко оценивают замечания, поступающие от эксплуатационного персонала. В целом ряде случаев эксплуатационникам поручается выполнение весьма ответственных заданий по настройке новых объектов

и реконструкции действующих, так как эксплуатационный персонал в процессе своей работы получает не только большие практические навыки, но и способность критически оценить то или иное нововведение и проанализировать наблюдаемые отклонения от нормы.

От обслуживающего персонала зависит сокращение времени, затрачиваемого на выполнение тех или иных операций. Высокий коэффициент использования оборудования возможен только при условии минимальных затрат времени на смену волн, переход с одного вида работы на другой и прочие оперативные действия.

Особенно это важно при передаче вещания, где часто ряд передатчиков передаёт одну и ту же программу. Поэтому при смене волн приходится равняться на наиболее отстающие передатчики и задерживать передачу по всем другим радиостанциям.

До пуска передатчика он должен быть проверен и подготовлен для работы без перерывов и с высокими техническими показателями.

Хорошо налаженный передатчик отнимает у дежурного персонала немного времени. Это позволяет одному-двум техникам одновременно обслуживать несколько передатчиков и соответственно сократить число работников в смене или вообще устранить дежурство возле оборудования.

Правильная организация труда, хорошая подготовка рабочего места и высокая дисциплинированность всех работающих, обеспечивают быстроту предоставления радиосредств и их хорошее качество.

II.2. Техническая документация, запасные детали, инструмент и измерительные приборы

Для нормальной работы оборудования имеет большое значение обеспечение его доброкачественной технической документацией, достаточным количеством запасных деталей и материалов и полным комплектом необходимого инструмента и измерительных приборов.

К технической документации, прежде всего, относятся полные и точные схемы и описания действующего оборудования, инструкции по его обслуживанию и уходу за ним, чёткие должностные инструкции и другие материалы, способствующие освоению обслуживающим персоналом оборудования, точной расстановке рабочей силы и распределению обязанностей.

Закрепление правилами внутреннего распорядка и должностными инструкциями за каждым работником вполне определённых функций по обслуживанию оборудования не только создаёт определённый порядок, но и предохраняет от излишних, зачастую непоправимых ошибок.

Точное выполнение технических инструкций, правил технической эксплуатации и правил технической безопасности является основным законом всего эксплуатационного персонала радиоцентра. Нарушение правил недопустимо, так как результатом этого обычно является угроза жизни людей, сохранности оборудования и нормальной работе радиосредств.

Персонал радиоцентра должен снабжаться необходимым количеством резервных деталей. Запас хранится в шкафах, непосредственно в залах, где установлено оборудование.

Резервные лампы и газотроны всех применяемых в передатчике типов должны иметься в достаточном количестве и быть хорошего качества. В свободное от эксплуатации время все лампы проверяются на рабочем месте, жестятся и, по возможности, подбираются по одинаковым параметрам с тем, чтобы при установке новых ламп не потребовалось бы новой подстройки передатчика и нейтрализации схемы. Долго не работавшие лампы «натекают», т. е. теряют свой вакуум. Поэтому лампы не следует долго держать в резерве, а лучше периодически проверять их качество и, если нужно, подвергать жестчению вновь.

Один из газотронов каждого типа следует постоянно держать в горячем состоянии, под неполным накалом, на отдельном специально для этого оборудованном месте. В этом случае при выходе из строя рабочего газотрона смена его резервным не потребует излишнего времени для разогрева.

В числе резервных деталей должны быть силитовые сопротивления, конденсаторы, полный комплект всех нормальных предохранителей, щётки к машинам и т. д., а также небольшой запас изоляторов и изоляционных материалов, электрический шнур и отрезки проводов различных сечений.

К числу необходимого инвентаря, передаваемого сменами, относится также переносная измерительная аппаратура и комплект инструментов. Последний удобно разместить на деревянном щите, где место каждого инструмента окрашено по его размерам, благодаря чему отсутствие инструмента сразу бросается в глаза.

На многих передатчиках имеется в том или ином количестве резервное оборудование, которое должно находиться всегда в работоспособном состоянии. Резервное оборудование проверяется наравне с рабочим. Там, где это возможно, необходимо периодически заменять рабочее оборудование резервным и наоборот. Резервные группы конденсаторов, сопротивлений должны иметь соединительные шины, позволяющие быстро, без потери времени заменить неисправную деталь новой. Поэтому нельзя применять, например, крепления, требующие для замены одного конденсатора разборки и разбалчивания целой группы конденсаторов.

Необходимые для подключения резервного оборудования шины и провода должны быть заготовлены заранее и храниться возле резервного оборудования на определённых местах.

II.3. Технический осмотр и ремонт оборудования

Технические осмотры проводятся в обязательном порядке по календарному плану в сроки, указанные правилами технической эксплуатации.

Для проведения осмотра передатчика, чистки и текущего ремонта предоставляется необходимое время в соответствии с этими правилами.

Наличие в шкафах передатчика постоянного тока высокого напряжения и применение вентиляции для уменьшения нагрева оборудования деталей приводит к быстрому загрязнению оборудования пылинками, осаждающимися под влиянием электростатического притяжения.

Наилучшим методом борьбы с пылью является герметизация шкафов передатчика от окружающего пространства и подача воздуха, очищенного предварительно фильтрами от пыли. Этот метод часто используется на новейшем оборудсвании.

В условиях обычной эксплуатации удаление пыли должно производиться систематически путём протирания и обдувки деталей пылесосом или мехом. Загрязнённые детали, увлажняясь, резко снижают качество изоляции и приводят к пробоям.

Установленные на передатчике временные проводники, случайные детали и т. п. совершенно нетерпимы и должны быть устранены при первом же длительном перерыве.

Осмотр оборудования, чистка и ремонт его на радиостанциях выполняется сменным персоналом и специально выделенными ремонтными бригадами.

При осмотрах периодически производится проверка всех контактов на вводных планках и внутри шкафов, ослабление которых происходит из-за нагрева и охлаждения их, а также вследствие сжатия изолирующего материала, особенно гетинакса.

Подвергается проверке также качество контактов разъединителей, рубильников и высокочастотных переключателей. Контакт должен быть плотным, без просветов. Просвет легко обнаруживается установкой источника света за контактом. Не менее 70% всей площади контакта должно прилегать к поверхности губки.

Наблюдения показали, что неподвижные контакты и отдельные детали передатчика не требуют частого ремонта и безотказно действуют месяцами. По другому ведут себя подвижные контакты: разъединители, губки контактов, переключатели, кнопки и т. д. Вследствие искрообразования и частого изменения поло-

жения они больше подвержены износу и должны проверяться при каждом осмотре. Это следует иметь в виду при составлении планов ремонта. Велика также степень износа коммутаторных шнуров и штепселей, если на радиоцентре производятся частые переключения.

Реле при осмотрах проверяются на чёткость срабатывания; осматривается состояние контактов. В случае необходимости контакт очищается мелкой наждачной бумагой. Проверяется сила нажатия контакта и лёгкость отпадания реле при обесточивании. Определяется степень нагрева обмоток реле после продолжительной работы.

У вращающихся агрегатов проверяется состояние коллектора и щёток, осматриваются подшипники, продуваются мехами внутренние каналы охлаждения.

Для ориентировочного определения температуры нагрева во время действия оборудования в эксплуатации можно пользоваться свечами, закреплёнными на изолирующем шесте.

Стеариновая свеча плавится при температуре 50°Ц, парафиновая при 54°Ц, восковая при 64°Ц. Можно сделать искусственные стержни из легкоплавких сплавов, плавящихся при определённых температурах, например, при 80° или 90°.

Удобным способом для контроля температуры в трудно доступных местах является окраска контрольных поверхностей специальными красками, изменяющими свой цвет при определённой температуре. Имеются составы для различных градаций температур от 30 до 110°.

Опорные изоляторы осматриваются и очищаются от пыли. Проверяется правильность зазоров у искровых и дуговых разрядников. В масляных выключателях осматривается состояние включающего механизма, проверяется уровень масла в баке и отсутствие утечки его; трущиеся части смазываются.

У ламп, охлаждаемых водой, проверяется действие гидроконтактов и отсутствие течи воды. Если течь имеется в месте закрепления лампы, следует плотнее завинтить зажимы или сменить резиновое кольцо.

Действие блокировки проверяется искусственным нарушением электрических цепей; состояние контактов электрической блокировки и деталей механической блокировки проверяется особенно тщательно. После проверки и устранения дефектов включают передатчик и испытывают его на фиксированных волнах.

Дежурный персонал, принимая передатчик от бригады, проводящей ремонт и настройку, обязан всесторонне проверить передатчик и соответствие его режима тому режиму, который записан в таблицах. Если режим изменён, то должна быть уточнена причина и при наличии оснований изменение должно быть отмечено в соответствующей документации.

О произведённом осмотре и ремонте делается запись в книге осмотров. Если ремонт нельзя произвести немедленно, то об этом делается запись и старший инженер, просматривая книгу, должен дать указание, кому и когда поручается устранение дефекта. Отметки о всех необходимых более крупных работах суммируются вместе и на основании записей составляется план капитального ремонта. Сменный персонал должен быть поставлен в известность о любых произведённых изменениях в схеме, о временных проводниках, выключении резервных трансформаторов для ревизии и т. п. Поэтому книга осмотров хранится у дежурного по смене.

Организация уборки здания и проведение ремонта оборудования могут быть предусмотрены ещё в периоде проектирования, например, посредством устройства в здании пылеотсасывающей установки, трубы которой проложены по всему зданию.

При чистке передатчика к трубам подсоединяется гибкий шланг с насадкой для всасывания пыли.

Для облегчения проведения ремонта, вдоль зала, на опорных колоннах, следует предусмотреть установку штепселей с подводкой переменного тока. К этим розеткам во время ремонта подключается электрический инструмент — электродрели, отвёртки, паяльники и т. д., что значительно облегчает и ускоряет процессы ремонта оборудования. Кроме того, вдоль зала целесообразно проложить высокочастотные, малоёмкостные кабели, при помощи которых сигналы проверяемого передатчика могут быть переданы в контрольную комнату, и, таким образом, отпадает необходимость иметь измерительную аппаратуру непосредственно около передатчика. Централизация измерений ведёт к сохранению измерительной аппаратуры, так как она устанавливается стационарно и не подвергается тряске и толчкам, как это имеет место при переноске аппаратуры от одного передатчика к другому.

В радиохозяйстве, как правило, используется широко принятый в Советском Союзе планово-предупредительный метод ремонтов.

Этот метод основан на том, что та или иная деталь сменяется новой или отремонтированной в установленные на основе эксплуатационного опыта сроки, не дожидаясь момента, когда деталь выйдет из строя и остановит работу устройства. Это необходимо потому, что по достижении некоторого предела износа, дальнейший износ уже происходит нарастающим темпом и оставление таких деталей в работе приводит к многочисленным неполадкам, вызывающим не только увеличение технических остановок, но и повреждение других сопряжённых частей устройства.

Работы по установлению периодичности ремонтов требуют накопления большого статистического материала. Слишком частые разборки и ремонт оборудования ведут к излишнему износу кре-

пёжных деталей, механическому повреждению контактов, облому наконечников проводов. Слишком редкий ремонт и замена изнашивающихся деталей делают возможным случаи брака. Хорошо организованное наблюдение за износом оборудования позволяет правильно определить время смены детали.

Планово-предупредительный ремонт должен быть проведён таким образом, чтобы в период между ремонтами не требовалось бы проведения даже мелких ремонтных работ. Установление сроков длительности для работы отдельных частей оборудования отнюдь не противоречит принципу значительного увеличения срока службы оборудования в целом.

Благодаря организации высококультурного, новаторского безупречного ухода за оборудованием многие из установленных сроков практически удлиняются. По мере накопления опыта передовыми предприятиями срок службы деталей удлиняется уже применительно ко всем радиоцентрам.

Планово-предупредительный ремонт разделяется на текущий и капитальный. Ранее существовал ещё средний ремонт, исключённый сейчас, при классификации ремонтных работ.

Текущий ремонт обычно совпадает по времени с техническими осмотрами. К текущему ремонту относят все работы, производимые без детальной разборки или демонтажа оборудования. Сюда же относятся смена ламп, частичная замена конденсаторов, щёток, реле, общая чистка и подкраска оборудования, смена воды и промывка систем водоохлаждения, перемотка дросселей, смазка деталей, проверка электрических режимов.

Более подробное перечисление работ, проводимых при текущем и капитальном ремонтах, приводится в инструкциях, издаваемых руководящими организациями.

Если задачей текущего ремонта является поддержание оборудования в порядке в промежуток времени между двумя капитальными ремонтами, то капитальный ремонт обновляет оборудование, восстанавливая срок службы передатчика после нескольких лет его работы. При капитальном ремонте снимается большинство деталей для их переборки, заменяются провода и модернизируется схема передатчика.

Практика показала, что срок службы передатчика при доброкачественном изготовлении отдельных деталей превышает 15 лет. Трансформаторы, агрегаты, каркасы передатчика, измерительные приборы и т. п. имеют очень большой срок службы (20—30 лет). Поэтому передатчики, пройдя через капитальный ремонт и будучи модернизированы, могут работать ещё долгое время не хуже новых.

Подготовка к капитальному ремонту ведётся задолго до остановки передатчика. На основе анализа причин технических остановок и записей в журнале технических осмотров составляется

дефектная ведомость и разрабатывается план ремонта, заготавливаются необходимые материалы, детали, намечаются исполнители отдельных работ.

Остановку передатчика для капитального ремонта обычно осуществляют в периоды наименьшей нагрузки. Одновременно производят ремонт связанного с передатчиком силового оборудования и антенных устройств.

Большое значение для качества капитального и, особенно, текущего ремонтов имеют инструкции по их проведению. В инструкциях описывается порядок проведения работы, указывается инструмент, даётся схема и уточняются технические особенности разбора деталей на части. Разнообразие применяемой аппаратуры не позволяет разработать инструкции для всех типов. Поэтому на каждом радиоцентре создаются свои инструкции, применительно к основным типам оборудования. Инструкции хранятся вместе с паспортами на оборудование.

Порядок производства ремонтов оборудования, таким образом, устанавливается правилами технической эксплуатации и местными инструкциями.

II.4. Контрольно-испытательные измерения

Сложность современного радиооборудования на передающих радиоцентрах и требования техники безопасности вызывают необходимость периодического проведения ряда контрольно-испытательных измерений, подразделяемых на текущий контроль и периодические измерения.

К текущему контролю относятся:

1) наблюдение за мощностью передатчика и контроль номинала частоты,

2) измерение глубины модуляции,

3) проверка состояния всех соединительных линий,

4) контроль изоляции цепей блокировки и сигнализации,

5) контроль режима работающего оборудования, включая и задействованные в схеме резервные узлы,

6) проверка уровня паразитного фона,

7) проверка качества сигнала, преобладания и т. п.,

8) проверка девиации сигнала.

К обязательным периодическим (ежемесячным) измерениям относятся:

1) измерение сопротивления антенн средневолновых и длинноволновых станций, проверка настройки антенн и фидеров,

2) измерение колебательной мощности и кпд мощной ступени и передатчика в целом,

3) снятие частотных характеристик отдельных составляющих тракта, линии, усилителей, передатчика и тракта в целом,

4) измерение коэффициента нелинейности и уровня шума,

5) измерение скорости неискажённой манипуляции и проверка формы сигнала на максимальной рабочей скорости.

Контрольные измерения производятся на всех рабочих волнах.

Кроме обязательных ежемесячных измерений, производится ряд дополнительных периодических измерений в сроки, утверждаемые руководством радиостанции или установленные существующими правилами. К числу таких измерений относятся:

1) снятие полярных диаграмм антенн,

2) измерение сопротивления заземлений,

3) испытание масла в трансформаторах и других приборах,

4) испытание изоляции кабелей,

5) проверка проводимости воды внутреннего кольца системы водоохлаждения,

6) градуировка измерительных приборов,

7) проверка действия систем защиты и блокировки,

8) проверка работы системы водоохлаждения,

9) проверка годности защитных средств.

Текущий контроль работы оборудования ведётся дежурным техническим персоналом. Ежемесячные и прочие периодические измерения производятся работниками лаборатории там, где таковая имеется, и частично работниками других служб радиоцентра.

Большинство радиоцентров сдают работу по проверке систем защиты, проверке годности защитных средств и испытанию трансформаторного масла специализированным лабораториям при крупных энергообъединениях.

Производственная лаборатория радиоцентра проводит, кроме того, систематическую поверку точности применяемых на радиоцентре измерительных приборов и инструмента и заботится о своевременном исправлении повреждаемых приборов.

II.5. Борьба с авариями и простоями оборудования

Основной задачей радиосвязи является обеспечение своевременной, быстрой обработки телеграмм и быстрейшей доставки их корреспондентам. Это возможно только при безаварийной и безостановочной работе каналов радиосвязи. Телеграмма, принятая от подателя, должна находиться в непрерывном движении; малейшая техническая неисправность удлиняет срок прохождения её к адресату.

Вынужденные остановки, даже кратковременного характера, вызывают длительные нарушения связи вследствие необходимости наведения дополнительных справок, повторения пропущенного и т. п. Неменьшее значение имеют перерывы в радиове-

щательных передачах, нарушающие цельность художественного впечатления, создаваемого у слушателя. Таким образом, борьба с техническими остановками продолжает оставаться важнейшей задачей, стоящей перед работниками радиосвязи и радиовещания.

Остановки по техническим причинам, брак в передаче — искажения речи или телеграфного сигнала — обычно являются результатом плохого состояния оборудования и плохой его эксплуатации.

Всякая техническая остановка должна тщательно анализироваться для выработки мер по полному устранению вызвавших её причин.

Быстрая ликвидация аварий и технических остановок требует от персонала отличного знания всего оборудования и схем. Поэтому в процессе технической учёбы на предприятиях должно изучаться оборудование и, как правило, должны анализироваться причины технических остановок и методы их предотвращения.

Каждому оборудованию свойственны определённые недостатки и слабые места. Их трудно устранить при конструировании и они обычно выявляются в итоге длительной эксплуатации. Выявление слабых мест оборудования позволяет провести ряд профилактических мероприятий, устраняющих или сокращающих длительность технических остановок.

Постепенно практика вырабатывает определённые приёмы для ликвидации наиболее типичных повреждений. Персонал должен уметь быстро определять по внешним признакам место повреждения и использовать необходимый приём для его устранения.

Необходимо тренировать персонал на подсобном или непосредственно на рабочем оборудовании по усвоению этих приёмов, например, по замене рабочего оборудования резервным; по определению лампы, вышедшей из строя из-за перегорания нити, или, что более сложно, из-за неустойчивого короткого сетка—нить; по выявлению повреждённого конденсатора, работающего в группе с другими; по выявлению причин срабатывания некоторых реле в цепях автоматики; по устранению земли и т. д.

Ликвидации аварий на радиостанции нельзя достичь без настойчивой умелой борьбы за достижение высоких показателей. Слабые места должны выявляться сразу. Техническая остановка по невыясненной причине не может быть оставлена без внимания. Необходимо в свободное от работы передатчика время попытаться вновь вызвать замеченное явление. Очень часто причиной является треснувший изолятор или шинка, теряющая свою изоляцию. Шинка при разогреве, изгибаясь, приближается к каркасу и вызывает заземление, незаметное в холодном состоянии или в начале работы.

Качество вакуума и особенно тепловой режим выпрямительных устройств являются частыми причинами случайных выключений. В передатчиках большое влияние имеют паразитные колебания скрытого типа, которые, например, появляются только при определённом сочетании положения ручек настройки и иногда при определённых характеристиках ламп. Таким образом, новая, более мягкая лампа или небольшое изменение в настройке вызывает паразитные колебания и в итоге — перерыв в работе.

Для безотказного действия оборудования необходимо в процессе эксплуатации тщательно наблюдать за поведением отдельных частей передатчика. Часто причину слабой работы не удаётся обнаружить сразу, необходимо проявление большой творческой инициативы и настойчивости со стороны персонала, прежде чем это будет достигнуто.

Устранение причины и разработка мероприятий по неповторению аналогичной технической остановки дают большой материал для проявления рационализаторских способностей и изобретательности обслуживающего персонала.

При возникновении аварии в первую очередь следует восстановить работу неповреждённого оборудования, например, включить другие передатчики, оказавшиеся обесточенными, перейти на работу ограниченным числом блоков, организовать работу на антенну с предмощного блока и т. п. Если неисправность обнаруживается в питающем фидере или главном трансформаторе,— немедленно переходить на резерв, а затем уже приступать к нахождению причин аварии и к её ликвидации.

Выяснение состояния отключившегося оборудования может быть произведено испытанием изоляции меггером или повторным включением напряжения. В этих случаях следует по возможности дать сниженное значение высокого напряжения и проследить за поведением аппаратуры. Снизить напряжение можно или при помощи установленной в схеме аппаратуры (управляемые ртутные выпрямители, тиратронные установки и т. д.), или применяя, например, выключение одного или нескольких газотронов, или переходя в схеме Ларионова на половинное напряжение.

Проверку кабелей, а иногда и трансформаторов следует вести, наоборот, повышенным напряжением, используя кенотронные установки.

Заземление питающей сети на радиостанции отыскивают последовательным отключением оборудования от общих шин питания, наблюдая при этом за индикатором заземления. Обнаружив повреждённый участок сети, отыскивают место заземления с помощью меггера последовательным делением участка на части.

Измерение состояния изоляции необходимо производить надлежащим прибором. Применение, например, низковольтного меггера в ряде случаев может не обнаружить повреждения, если оно

появляется только при появлении пробоя от высокого напряжения. С другой стороны, нельзя применять высоковольтный маггер для испытаний слаботочных кабелей, изоляция которых не рассчитана на высокое напряжение.

Особенное внимание должно уделяться системе автоматики. Реле должно срабатывать только при заданных для него условиях. Ложное срабатывание может быть вызвано изношенностью деталей реле, заземлением сети, неправильной работой реле, вследствие влияния на него вибраций (из-за работы насосов, машин и т. д.).

Если короткое замыкание или земля не пропадают, следует иметь в виду, что часто в освинцованных проводах заземление появляется вследствие касания свинцовой оболочки провода в месте разделки.

В эксплуатации необходимо следить за исправным состоянием замков дверей от кабин фильтров, трансформаторов и т. п. Все ключи должны иметь маркировку и храниться только в установленном месте.

О всех случаях аварий делается запись в рабочем журнале и составляется акт, с указанием характера, причины аварии, её продолжительности, виновных лиц и принятых мер. В случае необходимости к акту прикладываются чертежи, эскизы и фотографии.

Тщательное выяснение причин технических остановок и подробные записи в журнале должны обеспечить своевременное принятие таких мер, которые сделают повторение повреждения по той же причине маловероятным. Просмотр записи причин технических остановок на многих радиостанциях показывает, что часто одна и та же причина перерыва при небрежном её устранении (наспех отремонтированный реостат, течь в лампах и т. п.) возникает снова. Поэтому анализ причин технических остановок и их длительности является наилучшим средством для суждения о работе радиостанции.

Необходимо также вести учёт числа часов горения ламп. Для каждой лампы заводится отдельная карточка и на ней в конце дежурства техник проставляет число часов работы передатчика. Если лампа временно выключается и заменяется резервной, это также отмечается. При выходе лампы из строя на карточке фиксируется причина и подводится итог числа часов горения.

Перестановкой ламп из ступени в ступень можно получить большую экономию на лампах и уменьшить вероятность технических перерывов. В каждом передатчике есть рабочие места для однотипных ламп, более лёгкие и более тяжёлые по режиму. Учёт числа часов горения ламп позволяет организовать расстановку их по ступеням так, что вероятность остановки передатчика из-за неисправности лампы становится очень малой.

Новые лампы ставятся в мощную ступень, где ламп много и повреждённые можно заменить другими из резерва. Лампы, показавшие устойчивую работу, можно перенести в более ответственные места, где по схеме число работающих ламп ограничено одной или двумя. Лампы, плохо работающие под большой нагрузкой, могут быть переставлены в ступени с меньшей нагрузкой. Из ступеней, имеющих только одну лампу, последнюю при приближении конца гарантийного срока её работы нужно переставить в мощную ступень, где установлено несколько ламп.

Существовавшее ранее мнение, что работа лампового передатчика из-за перегорания эксплуатируемых ламп неизбежно должна сопровождаться некоторым количеством перерывов опровергнуто практическими достижениями передовых коллективов радиостанций. Принятием предупредительных мер, небольшим изменением схемы передатчика, резервированием отдельных его частей число перерывов из-за неисправности ламп можно свести к минимуму.

Уменьшение количества и времени технических остановок обеспечивается также тщательной подготовкой рабочего места, запасных деталей, качественным проведением планово-предупредительного ремонта, подробной записью всех изменений, произведённых в передатчике. При организации смен следует избегать частой перестановки персонала. Постоянный состав смен позволяет работникам с течением времени сработаться, понимать друг друга с полуслова. Кроме того, при постоянном составе смен социалистическое соревнование между отдельными бригадами даёт более высокие результаты.

При авариях следует действовать быстро, но не торопливо, обязательно соблюдая правила по технике безопасности. Со временем у персонала вырабатываются общие приёмы по быстрому определению места аварии и способам её устранения.

II.6. Вопросы экономии при эксплуатации радиоцентров

Экономия электроэнергии является обязательной для всех предприятий связи. На коротковолновых линиях связи большой экономии электроэнергии можно достигнуть путём маневрирования рабочими частотами.

Условия распространения коротких волн резко изменяются в течение суток. Для обеспечения круглосуточной связи оборудование радиолиний рассчитывается на наиболее тяжёлые условия прохождения радиоволн. При этом для получения непрерывной связи планируется необходимый для большинства линий двух или трёхкратный переход с одной волны на другую. При изучении графиков изменения напряжённости поля в месте приёма в течение суток выясняется, что часть времени линия работает

со значительным запасом мощности передатчика, а в некоторые часы этот запас становится недостаточным и надёжность работы линии падает. Требуется увеличение мощности или изменение волны.

На рис. II.1 приведён график напряжённости поля на линии связи между США и Европой. В течение суток средняя напря-

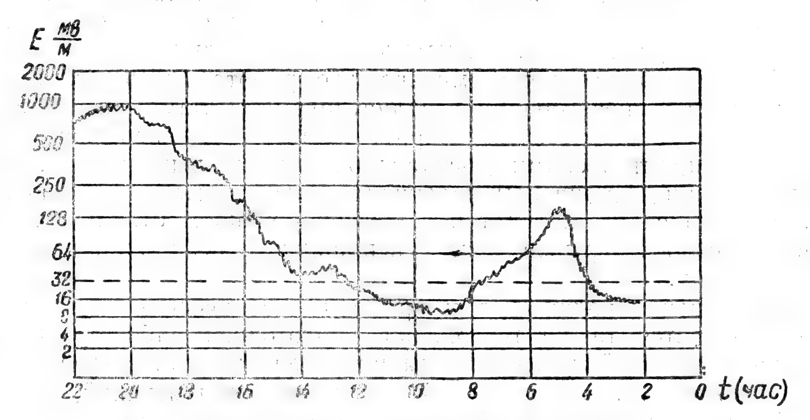


Рис. II.1. График напряжённости поля

жённость поля изменялась от 10 до 1000 микровольт на метр, что эквивалентно изменению мощности передатчика в 10 000 раз. Следовательно, значительную часть времени передатчик мог работать с пониженной мощностью.

Для более объективного анализа работы линии следует рассматривать не график напряжённости поля в месте приёма, а график превышения напряжённости поля полезного сигнала над уровнем помех.

Следует также помнить, что во всех случаях надо стремиться по возможности работать на максимально высокой частоте, проходящей по трассе, так как с увеличением частоты уменьшаются потери на поглощение ионосферой.

Можно было бы создать весьма экономичный график работы для каждой радиолинии, применяя частую смену рабочих частот по сезонам года и в течение суток. Однако такое маневрирование ограничивается, во-первых, потерями эксплуатационного времени при переводе работы радиолинии с одной частоты на другую и, во-вторых, закреплением небольшого количества частот за данным передатчиком, что необходимо для нормальной работы многих тысяч радиопередатчиков мира. Таким образом, подбор рабочих частот при составлении расписаний делается только приближённым к оптимальным условиям. Тем не менее удачное со-

ставление расписания и маневрирование частотами и мощностями передатчиков могут обеспечить большой экономический эффект и надёжную связь.

Передатчики, обслуживающие вещание, должны постоянно отдавать полную мощность в антенну. Совершенно по другому обстоит дело для передатчиков радиосвязи.

В любое время линия радиосвязи может быть с одинаковым успехом обслужена и передатчиком малой мощности, работающим на более выгодной частоте, и передатчиком большой мощности, работающим на другой, менее выгодной частоте. Для гарантированной круглосуточной работы в течение года используют передатчики с достаточно большим запасом мощности, рассчитанным для самых неблагоприятных условий. Поэтому передатчик оказывается излишне мощным в течение значительной части рабочего времени.

Корректировка мощности передатчика по силе приёма на приёмном конце в последнее время привлекает внимание эксплуатационников. Целый ряд линий с успехом работает при сниженной мощности передатчика. Тем не менее организационно вопрос ещё достаточно не проработан. Следует иметь на приёмном конце установки, записывающие значения напряжённости поля. Такие данные дадут необходимый материал для правильного выбора требуемой мощности передатчиков в течение суток. Кроме того, в дальнейшем несомненно получат развитие автоматические устройства регулировки мощности передатчиков обоих концов линии связи при помощи периодического обмена корректирующими пилот-сигналами. При излишне большом уровне напряжённости поля приёмник посылает на передатчик условный сигнал, поступающий через приёмник корреспондента на его передатчик для регулировки мощности.

Регулировка мощности передатчика может осуществляться путём изменения режима его работы или уменьшения числа ступеней.

Построенные в более раннее время радиомагистрали рассчитывались на телеграфную работу с амплитудной манипуляцией. Переход на частотную манипуляцию, как известно, создаёт запас мощности передатчика в 6—8 раз. Таким образом, на ряде направлений оказались большие резервы. Эти резервы частично были поглощены применением сложной буквопечатающей аппаратуры, требующей более высокой надёжности линии. Кроме того, оказалось возможным применить на большинстве линий метод многократного использования передатчиков. Наиболее широкое применение получила двухканальная помехоустойчивая система передачи с частотной манипуляцией, разработанная И. Ф. Агаповым в развитие схемы манипуляции, предложенной А. Н. Щукиным.

На основе графика поступления телеграмм можно разработать технологический график работы каждой конкретной линии связи, комбинируя мощности, частоты и скорости манипуляции. Улучшая наблюдение приёмного центра за работой передатчика, внедряя вызывные устройства и устройства для быстрого установления связи, можно применять на недостаточно загруженных линиях связи выключение передатчиков в периоды отсутствия нагрузки.

Важное значение имеет сокращение холостых прогонов передатчика. Холостые прогоны могут быть сокращены путём резкого снижения мощности передатчика при отсутствии нагрузки, так как работа с ручной скоростью не требует больших мощностей. Можно уплотнить нагрузку передатчика, перейдя на работу сложным дуплексом и т. п. При появлении нагрузки всегда возможно оперативно восстановить рабочее положение.

Кроме того, подбор мощности электродвигателей, наблюдение за правильным режимом работы систем водоснабжения и водоохлаждения могут также явиться источниками экономии электроэнергии.

Большое место в этом вопросе занимает правильный подбор режима передатчика и типов ламп.

Для разработки мероприятий по экономии электроэнергии можно рекомендовать составление результирующих графиков по данным измерений потребляемой отдельными цепями энергии так, как указано на рис. II.2 и II.3. Они наглядно представляют, на что должно быть обращено внимание рационализаторов и изобретателей и какие организационные мероприятия должны быть проведены для уменьшения потребления энергии и повышения кпд.

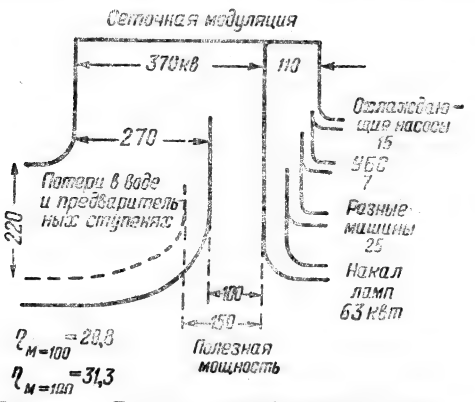


Рис. II.2. График потребления энергии передатчиком при сеточной модуляции

Рисунки II.2 и II.3 позволяют сравнить экономичность новых передатчиков с анодной модуляцией по классу *Б* с передатчиками старого типа с сеточной модуляцией. Мощность в антенне принята в обоих случаях равной 100 *квт*.

Из рис. II.3 видно, что для получения мощности 100 *квт* в антенне передатчик нового типа требует всего 300 *квт*. Старый передатчик с сеточной модуляцией (рис. II.2) потреблял 480 *квт*,

т. е. на 60% больше. Общий кпд при $m=0$ для первого равен 33,2%, для второго 20,8%. Следует указать, что кпд в 20,8% является средним для сеточной модуляции и колеблется от 16 до 25% в зависимости от применяемых ламп и деталей.

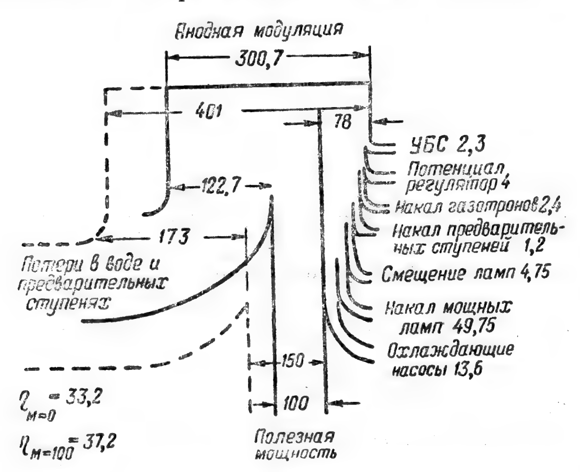


Рис. II.3. График потребления энергии передатчиком при анодной модуляции

При модулировании передатчиков с глубиной модуляции в 100% мощность в антенне увеличивается на 50%, т. е. равна 150 *квт* для обеих систем. Мощность, потребляемая передатчиком с сеточной модуляцией, остаётся без изменения, равной 480 *квт*, а общий кпд равен 31,3%. Передатчик с анодной модуляцией увеличивает потребление мощности, так как во время модуляции модуляторные лампы, работающие в режиме класса Б, потребляют больше энергии. Из диаграммы следует, что общее потребление энергии для этого передатчика возрастает при модуляции до 401 *квт*, а общий кпд увеличивается до 37,2%. Преимущество и в этом режиме сохраняется за схемой с анодной модуляцией.

При эксплуатации обычно интересуются не промышленным коэффициентом полезного действия, а удельными нормами потребления электроэнергии в реальных условиях работы радиолинии.

Удельные нормы потребления определяют удельное среднее потребление передатчиком электроэнергии на один киловатт излучённой антенной мощности.

При работе телефоном за номинальную мощность принимается мощность на несущей частоте без учёта возрастания её при модуляции.

ГЛАВА III

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЛАМП

III.1. Общие сведения

Передающие радиоцентры используют большое количество электронных ламп.

Быстрый прогресс нашей промышленности по разработке и освоению новых типов ламп и значительно более медленное изнашивание аппаратуры приводит к тому, что в эксплуатации используются лампы не только новые, но и прежних разработок.



Рис. III.1. Одна из ламп нового типа

Уменьшение количества типов ламп, применяемых на радиоцентре, и постепенный перевод оборудования на более новые и совершенные типы ламп улучшают и облегчают эксплуатацию.

Новые типы ламп экономичны, имеют меньшие габариты, требуют меньшей мощности возбуждения и обладают лучшей устойчивостью в работе.

Отличительной особенностью новых ламп является использование оксидированных или карбидированных катодов, более экономичных, чем вольфрамовые, а также лучшая конструкция вводов.

На рис. III.1 изображена одна из ламп нового типа с уменьшенными внутренними ёмкостями и индуктивностями вводов. Потери на разогрев диэлектриков у этих ламп меньше вследствие применения лучших сортов стекла и новых керамических материалов.

Для получения больших мощностей на радиоцентрах весьма удобны разборные лампы (рис. III.2). Катод и сетка

этих ламп припаиваются к широким металлическим фланцам, которые так же, как и цилиндрический анод, охлаждаются водой. Лампа собирается на металлическом основании, имеющем внутри свободную полость с отверстиями в верхней части и сбоку и соединяемую с одной стороны с откачечным агрегатом, создающим вакуум в лампе, и с другой — с полостью самой лампы. В случае перегорания катода или повреждения сетки лампа вскрывается и повреждённая деталь заменяется новой.

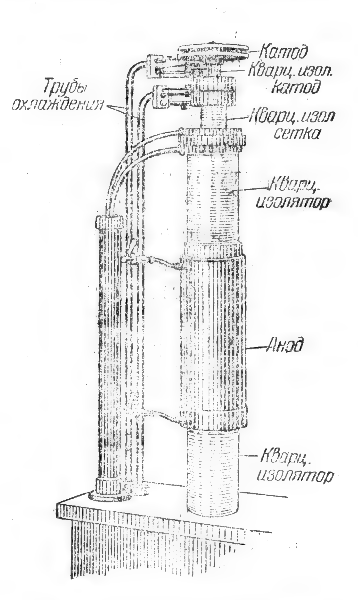


Рис. III.2. Разборная лампа

Особенностью разборной лампы является необходимость непрерывной работы откачечного агрегата, состоящего из предварительного форвакуумного масляного насоса и второго паромасляного насоса. Применение разборных ламп исключает расходы по доставке новых ламп и разгружает промышленность от дополнительного выпуска ламп взамен сгоревших.

По принципу охлаждения мощные лампы разделяются на три типа. Лампы, отдающие тепло в окружающее пространство через стеклянный баллон, называются лампами с естественным охлаждением. Лампы с металлическим внешним анодом, на который напаян металлический ребристый радиатор, обтекаемый струёй воздуха от вентилятора, называются лампами с принудительным воздушным охлаждением. Лампы с металлическим внешним анодом, помещаемым в бачок с проточной водой, называются лампами с водяным охлаждением.

Допустимая температура нагрева анода определяется материалом, из которого он изготовлен. Наименьшую температуру допускают никелевые аноды, наивысшую — молибденовые и танталовые.

Лампы с естественным охлаждением выпускаются на колебательную мощность не свыше 3 *квт*. В более мощных лампах требуется принудительное охлаждение воздухом или водой. В случае применения принудительного воздушного охлаждения анод лампы снабжается ребристой рубашкой — радиатором. Анод лампы устанавливается на цилиндрический изолятор, к которому снизу подведён шланг от всасывающего патрубка вентилятора. Венти-

лятор просасывает через рёбра анодного радиатора воздух и отводит нагретый воздух по воздуховоду за пределы помещения. Такой ток воздуха принят в целях попутного охлаждения также вводов накала и сетки.

Для менее мощных ламп применяют обратный поток воздуха. Вентилятор гонит струю через радиатор анода вверх. Нагретый воздух омывает лампу и рассеивается в помещении. При этом к вводам сетки и накала воздух поступает уже нагретым, что является недостатком данной системы.

Количество воздуха, продуваемого через лампу, зависит от температуры помещения и устройства радиатора. При средней температуре воздуха в 18°Ц для отвода 1 *квт* мощности необходимо 100 $м^3$ воздуха в час.

При водяном охлаждении количество охлаждающей воды должно составлять 1,5 *л* в минуту на 1 *квт* рассеиваемой лампами мощности. Так, для лампы ГКО-10 расход воды будет 15 *л* в минуту; для ГМ-51А—22,5 *л;* для Г-452 и Г-431 по 30 *л* и для Г-433 — 90 *л* в минуту. Допустимый нагрев воды ограничивается температурой в 70°.

III.2. Транспортировка, проверка и испытание мощных ламп

Испытанные и проверенные лампы отправляются заводом в специальной упаковке. Поэтому, если в эксплуатации встретилась необходимость перевозки уже распакованных ламп, обязательно следует восстановить заводскую упаковку, проверить, хорошо ли лампа зажата в станке и плотно ли завёрнуты все гайки и винты, имеющиеся в упаковке.

Необходимо стремиться к минимальному количеству перевозок ламп. Поэтому всегда желательно устранить все промежуточные этапы и получать лампы непосредственно с завода.

Лампы, получаемые на железнодорожной станции, проверяются путём тщательного осмотра через щели, имеющиеся в упаковке. На повреждённые в пути лампы составляется акт с участием представителя железной дороги.

После доставки на радиостанцию лампы ещё раз осматриваются, проверяется целость пломб упаковки и самой лампы.

Если лампа внешне исправна, то до распаковки, не снимая пломбы, проверяют через щели упаковки индуктором, омметром или каким-либо другим индикатором, например, электрическим звонком и батареей, целость нити накала и отсутствие замыканий между электродами. Лампы, имеющие касания одних электродов с другими, к работе непригодны. На неисправные лампы составляется акт, а исправные подвергаются испытанию на вакуум.

Крупные радиоцентры по договоренности Министерства связи с ламповыми заводами обменивают все дефектные лампы, обнаруженные при приёмке, и лампы, проработавшие менее 100 часов, если неисправность является виной завода.

На радиоцентрах целесообразно иметь для проверки вакуума ламп прибор Тесла, позволяющий делать проверку до вскрытия упаковки.

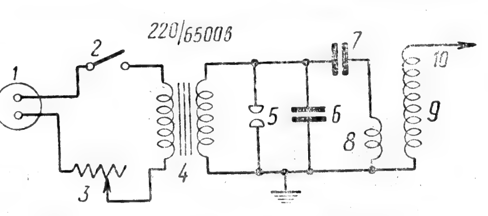


Рис. III.3. Схема прибора Тесла

Схема прибора приведена на рис. III.3, где *1* — штепсель для присоединения сети; *2* — однополюсный рубильник для включения прибора; *3* — реостат или дроссель с подвижным сердечником для регулировки напряжения; *4* — трансформатор, повышающий напряжение до 6600 *в*; *5* — искровой разрядник; *6* и *7* — конденсаторы; *8* — катушка индуктивности колебательного контура; *9* — вторичная обмотка трансформатора, из большого числа витков тонкой проволоки, намотанной в один ряд на общем каркасе с катушкой. Изоляция между этими обмотками должна быть очень высокой. Гибкий провод *10* удобнее всего взять с толстой резиновой изоляцией (от магнето).

При включении прибора в электросеть конденсатор *6*, зарядившись, разряжается через искровой разрядник. В колебательном контуре, состоящем из конденсаторов *6* и *7* и катушки индуктивности *8*, возникают затухающие колебания высокой частоты и с конца провода *10* начинают стекать электрические заряды.

Провод *10* подвязывают к одному концу стержня из изоляционного материала и, включив прибор, касаются проводом одного из электродов или стекла лампы. Повреждённые лампы дают вспышку красного или густофиолетового цвета или же искрение между электродами. Лампы с лучшим вакуумом дают зеленоватое свечение. Такие лампы необходимо жестить. Хорошие лампы дают бледнозелёное свечение или вообще слабо заметное свечение. При испытании следует остерегаться касания концом провода сосков баллона и места спая стекла с анодом потому, что стекло может быть пробито искрой.

Разработанный промышленностью прибор Тесла потребляет 700 *вт* и даёт разрядную искру длиной до 50 *мм*. На заводах и на больших эксплуатационных предприятиях можно делать рентгеновские снимки ламп, которые значительно облегчают выяснение причин повреждения.

III.3. Установка ламп в схему

Принятые лампы доставляются на радиостанцию в свободное помещение и оставляются в покое, пока они не примут температуры окружающего воздуха.

Для вскрытия упаковки отвинчивают винт, придерживающий одну из боковых стенок каркаса. Стенка плавно отгибается в сторону. После этого лампу освобождают от амортизационных пружин, снимая крючки с колец, и вынимают из каркаса. Лампу с естественным охлаждением устанавливают на рабочее место, закрепляют в держателе и присоединяют вводы накала, сеток и анода к соответствующим зажимам. Лампы с водяным охлаждением устанавливают в бачки охлаждающей системы.

У ламп с водяным охлаждением старых типов наиболее уязвимым местом является место спая металлического анода со стеклом. Поэтому такую лампу следует переносить, взяв её одной рукой за анод и поддерживая другой рукой за стекло (не менее чем на 35 *мм* выше нижней кромки стекла).

Медный анод лампы имеет в своей верхней части фланец, служащий для закрепления лампы в бачке и для осуществления контакта со схемой. Во избежание просачивания воды под фланец помещают резиновую прокладку.

После проверки правильности установки лампы в бачке, фланец лампы закрепляется болтами или барашками, затягивающими винты. Не следует слишком сильно затягивать винты. Сильное давление на фланец при наличии перекоса лампы может вызвать трещину в стекле баллона.

При закреплении лампы следует крепления заворачивать рукой или специальным ключом, не применяя пассатижей, плоскогубцев и т. п.

У более мощных ламп водой охлаждаются, кроме анода, также вводы накала и сетки. Подводка и отвод воды осуществляются резиновыми трубками.

Присоединение резиновых трубок следует производить после закрепления подводящих проводов к вводам сетки и накала. При этом необходимо следить, чтобы охлаждающие шланги не касались стекла лампы.

Охлаждающая вода имеет меньшую температуру, чем окружающий воздух, поэтому возможны случаи конденсации на трубках влаги из атмосферы в виде мелких капель воды.

Для предотвращения этого явления, не безопасного для целости стекла ламп, целесообразно подавать воду в систему охлаждения вводов накала не непосредственно из теплоохладителя, а более тёплую, сделав отвод на выходе воды из бачка лампы.

Кроме принятой ламповыми заводами системы непосредственного охлаждения водой вводов накала, работниками эксплуа-

тации разработана простая конструкция приспособления для косвенного охлаждения. Она состоит из куска толстой плоской шины, внутри которой проделаны каналы для циркуляции воды (рис. III.4).

Приспособление надевается сверху на вывод накала и закрепляется вместе с проводником, подводящим ток накала. Как показал опыт, такое охлаждение достаточно для предохранения от перегрева вводов накала. На очень коротких волнах дополнительно применяют обдувание сеточного ввода и стеклянного баллона воздухом. Лампа так должна быть закреплена в бачке, чтобы при пуске воды в систему не было вибраций лампы.

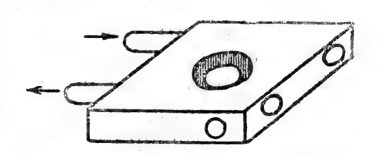


Рис. III.4. Конструкция приспособления для косвенного охлаждения ламп

Проводники накала и сетки должны быть гибкими, допуская некоторую свободу перемещения лампы. Однако ни эти, ни какие-либо другие провода не должны касаться стекла лампы во избежание возникновения пробоя через стекло.

Контакт подводящих проводов с электродами должен быть прочным, но осуществление контакта не должно создавать каких-либо механических усилий на стекло лампы или место спая выводов со стеклом. Плохое, неплотное соединение вызывает разогрев провода в точке закрепления. Тепло, распространяясь по проводнику, разогревает стекло у вводов и может привести лампу в негодность из-за неравномерного разогрева стекла. После установки лампы пускают воду и убеждаются в плотности соединений и отсутствии течи. Напор воды постепенно усиливают, пока не установится нормальное давление (1—2 *атм*).

III.4. Жестчение ламп

Жестчением называется процесс повышения вакуума. При использовании ламп, долгое время лежавших на складе, их необходимо жестить. Для этого лампы подвергают особой тренировке на самой радиостанции, не прибегая к помощи откачивающих насосов. Умелыми, последовательными действиями большинство неполноценных ламп удаётся, таким образом, привести в рабочее состояние.

В передающих устройствах, работающих периодически (резервные передатчики), необходимо при включении их в работу постепенно повышать анодное напряжение, дав лампам поджеститься.

Для специально проводимого жестчения устанавливают лампу на рабочее место в передатчик или в особую схему для

жестчения и присоединяют вводы накала и анода. Для ламп с водяным охлаждением включают воду, обдувание и т. п.

В анодной цепи ставится плавкий предохранитель на малый ток и включаются ограничительные сопротивления (если они были выключены).

Включают накал, постепенно доводя его напряжение до нормального, и выдерживают лампу в таком режиме 20—30 минут. Затем включают отрицательное напряжение на сетку и подают на анод минимальное напряжение. Если анодный предохранитель не сгорает, прибор в цепи анода показывает относительно малый ток по сравнению с током нормального режима, а в лампе не наблюдается свечения, можно повышать анодное напряжение на следующую ступень. Если и в этом режиме предохранители не сгорают, то через 5—10 минут следует повысить напряжение. На каждой ступени напряжения лампу нужно выдерживать некоторый промежуток времени, увеличивая его по мере приближения к нормальному значению анодного напряжения так, чтобы на последних ступенях напряжения лампа работала по 15—20 минут. По достижении нормального для данного типа ламп анодного напряжения выдерживают лампу ещё минут 20—30 и повышают анодное напряжение на 5—10%. При отсутствии каких-либо ненормальностей жестчение в статическом режиме на этом заканчивают.

Если после повышения анодного напряжения на следующую ступень происходит сгорание предохранителей или бросок тока, показываемый прибором, то необходимо снизить напряжение до предыдущей величины и, выдержав лампу минут 10, вновь начать поднимать напряжение до более высокого значения.

Если вновь повторится перегорание предохранителей, то необходимо опять перевести напряжение ступенью ниже и, продержав лампу под этим напряжением минут 20—30, перейти на следующую ступень.

Торопливость при жестчении только удлиняет необходимый срок для получения достаточного вакуума, так как от резкого увеличения напряжения вакуум может резко ухудшиться и тогда придётся вести жестчение сначала, перейдя на самые первые ступени напряжения. Иногда жестят лампы, включая цепь сетки через потенциометр, создающий отрицательное смещение. При повышении анодного напряжения на следующую ступень каждый раз дают на сетку отрицательный потенциал и постепенно уменьшают его до достижения максимально допустимого рассеивания мощности на аноде лампы. Затем вводят обратно потенциометром отрицательное смещение и переводят анодное напряжение на следующую ступень, повторяя процесс.

По окончании жестчения в статическом режиме лампа включается в нормальную рабочую схему. Если имеется возможность,

следует в течение нескольких часов выдерживать новые лампы на пониженной отдаче мощности. В радиотелефонном передатчике сначала производят включение ламп в режиме несущей частоты без модуляции.

Если лампы устойчиво работают на несущей частоте при нормальном анодном напряжении и нагрузке, то можно перейти к модулированию, постепенно увеличивая глубину модуляции.

Жестчение ламп можно вести также высокой частотой при выключенном или включённом накале. В первом случае анод, сетка и нить лампы, подвергаемой жестчению, присоединяются параллельно к соответственным электродам лампы, генерирующей колебания высокой частоты. Через внутриэлектродные ёмкости лампы проходит ток высокой частоты, под влиянием которого вакуум улучшается.

По второму методу лампу с плохим вакуумом устанавливают на рабочее место, соединяют сетку и анод вместе, включают накал и подают на анод напряжение высокой частоты, например, с отвода от контурной катушки индуктивности работающего генератора. Напряжение высокой частоты, начав с небольших его значений, постепенно повышают. Предел повышению напряжения ставится изоляцией цепи сетка—катод. Достаточно иногда 20 минут, чтобы мягкая лампа отжестилась. По этому методу можно даже жестить лампы, дающие лиловое свечение.

Не следует применять метода жестчения, посредством включения мягких ламп почти на полное анодное напряжение. Мягкие лампы при этом дают резкий бросок тока, от которого сгорает предохранитель; предохранитель меняют и операцию повторяют несколько раз. Некоторые лампы действительно жестятся, однако, гораздо большее количество будет окончательно погублено.

Рывки тока, вызывая частичное распыление электродов, также жестят лампу, но могут вызвать и обратное явление — сильную ионизацию в лампе.

На многих радиостанциях в СССР имеется возможность плавно повышать анодное напряжение посредством специальных потенциал-регуляторов или аналогичных устройств. Однако регулировка обычно возможна в пределах от 0,6 до полного значения рабочего напряжения. Поэтому при жестчении ламп для изменения высокого напряжения прибегают к выключению отдельных фаз выпрямителя. Если выпрямление происходит по схеме Ларионова, то оставляют только два предохранителя в противоположных фазах (например, *1* и *2* на рис. III.5).

Выключение фазовых предохранителей с оставлением в работе только одной фазы выпрямления снижает анодное напряжение с 10 до 2—2,5 *кв*.

Установив лампы на рабочее место и подав к ним охлаждение и накал, включают пониженное анодное напряжение. Затем повышают скачками анодное напряжение, включая один за другим фазовые предохранители. После включения всех фаз применяют плавную регулировку потенциал-регулятором.

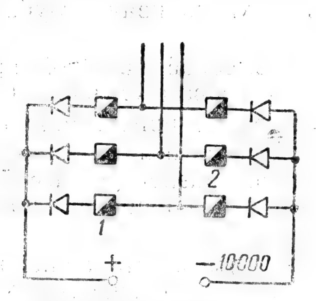


Рис. III.5. Регулировка напряжения в схеме Ларионова

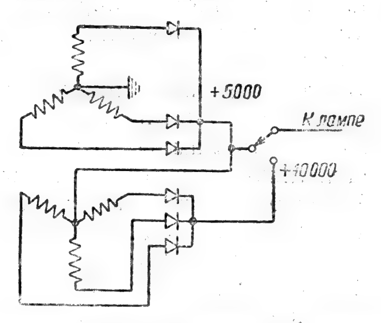


Рис. III.6. Регулировка напряжения в схеме Вологдина

Регулировкой анодного напряжения с помощью отключения фаз не следует пользоваться для нормальной работы, так как это приводит к увеличению пульсации выпрямленного напряжения.

Схема Ларионова (рис. III.5) и каскадная схема Вологдина (рис. III.6) позволяют иметь половинное напряжение для жестчения. В этом случае, начав жестчение лампы на половинном напряжении, заканчивают его в нормальной схеме.

Новые лампы, получаемые с завода, обычно прибывают на радиостанцию с хорошим состоянием вакуума и не требуют длительного жестчения. Их устанавливают на рабочее место и оставляют в течение 15 минут под нормальным накалом. Затем следует дать на 15 минут половинное анодное напряжение, после чего оставить лампу в течение часа под нормальной нагрузкой. Запасные лампы следует также периодически устанавливать в схему, поступая с ними аналогично сказанному. Лампы нужно использовать в порядке сроков выпуска их заводом.

III.5. Условия нормальной эксплуатации мощных ламп

Увеличение напряжения накала очень резко сказывается на долговечности ламп. Чем выше напряжение, тем больше ток, разогревающий нить. Большой разогрев вызывает интенсивное испарение нити, нить утоньшается, утоньшение происходит неравномерно и сопротивление более тонкого участка нити возрастает, что вызывает повышенное выделение тепла и быстрое перегорание нити на этом участке.

На рис. III.7 приведены теоретические кривые зависимости полного тока эмиссии и срока службы генераторных ламп с вольфрамовым катодом от напряжения накала. Нормальная температура катода при полном напряжении накала (100% на графике) равна 2575°.

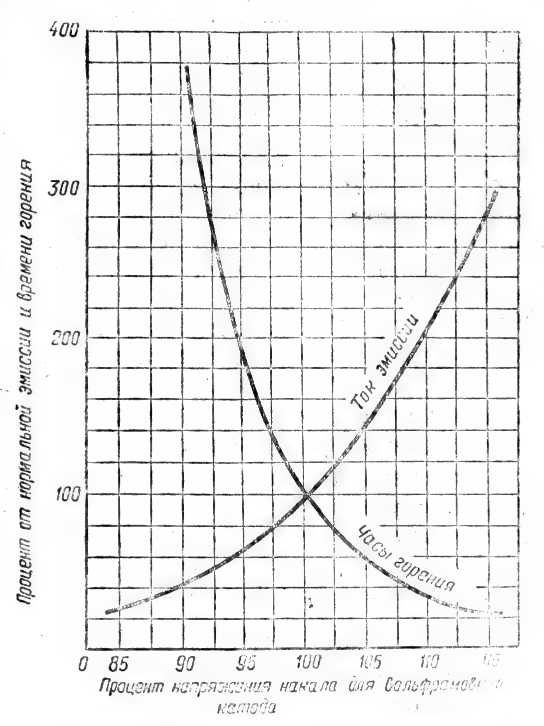


Рис. III.7. Зависимость тока эмиссии от напряжения накала ламп

Из кривых видно, что при снижении напряжения накала на 7,5% нормальный срок службы увеличивается почти в 3 раза, а ток эмиссии падает вдвое. Это позволяет, увеличивая количество параллельно работающих ламп, удлинять срок их службы, используя пониженное напряжение накала. Однако такое увеличение количества ламп вызывает рост затрат на их приобретение и на оплату энергии накала. Кроме того, растут первоначальные затраты на дополнительное оборудование для ламп: стенды, приборы, бачки и т. п., на увеличение водоохлаждающей системы и расширение габаритов здания. Учёт всех этих величин является достаточно сложной задачей. Чем выше стоимость электроэнергии, тем целесообразнее иметь в схеме лампы, работающие с форсированным режимом катода.

Поэтому в маломощных передвижных передатчиках, где необходимо экономить электроэнергию, лампы работают в форсированном режиме. В более мощных передатчиках очень часто целесообразно снижать напряжение накала ламп и тем самым увеличивать срок их службы.

Контроль за напряжением накала должен быть весьма тщательным, так как, например, повышение накала лампы ГДО-30 на 10% сокращает срок её службы до 420 часов. При превышении накала на 6% срок службы сокращается почти наполовину.

Контроль за правильным накалом нити ведётся по вольтметру. При контроле по вольтметру срок службы лампы в 2—3 раза больше, чем при контроле по амперметру, так как первый оказывается более чувствительным, что видно из кривых рис. III.8, дающих зависимость показаний амперметра и вольтметра от изменения температуры нити.

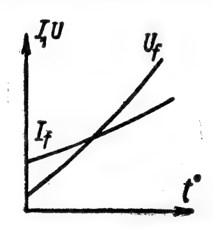


Рис. III.8. Зависимость показаний амперметра и вольтметра от изменения температуры нити

Если контролировать накал по амперметру, то утоньшение нити накала ламп вызовет увеличение её сопротивления и, следовательно, поддержание того же значения тока будет означать на деле перекал нити.

Для учёта числа часов горения отдельных ламп иногда применяют одновременное включение в цепь накала специальных электрических счётчиков.

Большое значение имеет точность показаний приборов, контролирующих накал. Поэтому они должны периодически проверяться.

Для накала ламп применяется постоянный и переменный ток. В случае питания нитей постоянным током необходимо применять переполюсование концов нитей.

Из схемы рис. III.9 видно, что правый конец нити нагружается суммой двух токов: $I_f + \frac{I_a}{2}$, где I_f — ток накала и I_a — анодный ток, а левый нагружен разностью этих токов.

Следствием этого является более быстрое изнашивание нити у правого (отрицательного) конца. Поэтому нужно обязательно устанавливать у машин накала и у селеновых выпрямителей переключатель по схеме рис. III.10 и производить периодически переполюсование. Это же можно делать, переключая вводы на самих лампах.

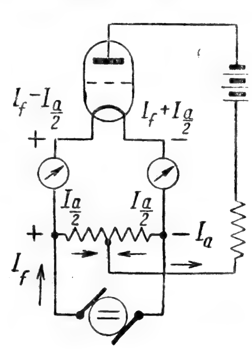


Рис. III.9. Схема питания нитей ламп

При питании нити накала постоянным током и при наличии в качестве резерва трансформатора накала необходимо обязательно устанавливать параллельно нитям ламп потенциометр, к средней точке которого присоединять минус высокого напряжения. Включение средней точки несколько уравнивает нагрузку концов нити анодным током.

Внедрение анодной модуляции содействовало применению переменного тока для питания мощных ламп.

В 1939 г. в СССР были выпущены лампы с трёхфазными катодами. Лампа с трёхфазным катодом создаёт низкий уровень фона, так как сумма электромагнитных составляющих мгновенного значения трёх фаз равна нулю.

Однако, применение трёхфазного катода требует одновременного включения и выключения всех трёх фаз, так как при выключении одной фазы равновесие электромагнитных составляющих нарушается и катод лампы будет испытывать большие динамические усилия. Фазовые напряжения при пуске не должны отличаться больше чем на 15% друг от друга. При нормальном напряжении накала это различие, даже мгновенно, не должно превышать 10%.

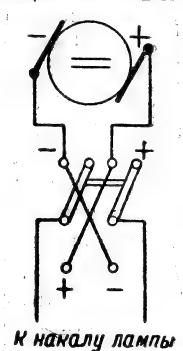


Рис. III.10. Схема переключателя у источников питания нитей накала ламп

Некоторые передатчики обеспечиваются и постоянным, и переменным током для накала ламп. В этом случае устанавливаются электромагнитные вольтметры. Приборы должны иметь таблицы градуировки для постоянного и переменного тока.

Напряжение накала лучше измерять у каждой из включённых ламп. Во всяком случае, изредка следует сличать подводимое напряжение накала непосредственно на вводах лампы с показаниями контрольного прибора, включённого на пульте или каркасе передатчика. Для этой цели каждая радиостанция должна иметь лабораторный переносный точный прибор.

При осуществлении монтажа цепей накала мощных ламп необходимо учитывать электродинамические воздействия на нить накала больших токов, протекающих по шинам, расположенным вблизи лампы. Неучёт этого обстоятельства привёл на одной из радиостанций к значительному перерасходу ламп. Монтаж цепей накала, питавшегося постоянным током, был осуществлён шинами, проходящими вдоль вертикальной оси мощных ламп. При частом включении накала большой ток, протекавший по шинам, вызывал электродинамические усилия в нити накала, которые постепенно расшатывали систему её крепления и приводили к коротким замыканиям или обрыву нити внутри лампы.

Включение накала ламп следует производить в определённой последовательности. Сначала обеспечивается надлежащее охлаждение лампы подачей воздуха и воды, затем включается накал при отсутствии напряжений на других электродах лампы.

Повышение напряжения накала ламп должно производиться постепенно. Холодная нить вольфрамового катода имеет сопротивление почти в 13 раз меньше, чем нагретая. Сопротивление холодного торированного карбидированного катода в 9 раз мень-

ше нагретого. Включение накала сразу на полное напряжение вызывает резкий толчок тока, повреждающий систему крепления нити лампы; кроме того, возможны местные натяжения в стекле и образование трещин из-за быстрого разогрева стекла около вводов. Пусковой ток не должен быть выше нормального больше чем на 50%.

Реостаты, магнитные регуляторы и трансформаторы накала с большим рассеиванием, обеспечивают постепенное повышение напряжения накала, начиная с 10% от номинального.

При выключении накала не следует торопиться с выключением системы водоохлаждения. Некоторые типы ламп требуют, чтобы вода циркулировала ещё некоторое время после выключения накала. При внезапных остановках водяных насосов охлаждение ламп в течение 5—10 минут происходит за счёт запасных бачков.

Во время работы напряжение накала должно поддерживаться постоянным.

Там, где напряжение электросети колеблется, необходимо устанавливать автоматические регуляторы, а при отсутствии таковых, обслуживающий персонал должен следить за показаниями приборов. В перерывах между передачами нужно обязательно выключать или снижать накал. Однако, лампы с вольфрамовым катодом страдают от частого включения и выключения, поэтому, если перерыв в работе невелик, лучше не выключать напряжение накала полностью, а только снизить его до 20—40% от нормального.

В лампах с катодом из торированного карбидированного вольфрама напряжение накала следует поддерживать постоянным или понижать на 20% при кратковременных перерывах. При более длительных перерывах (15 минут и выше) напряжение накала следует выключать.

Режим питания анодных цепей так же, как и накала ламп, подчиняется определённым правилам. При увеличении анодного напряжения возрастают скорости электронов и увеличивается возможность возникновения ионизации оставшегося газа. Повышение анодного напряжения выше нормального и включение ламп сразу на полное напряжение плохо переносится ими. Поэтому включение анодного напряжения у мощных ламп производят через потенциал-регуляторы или аналогичные им устройства, позволяющие включать напряжение ступенями или плавно, начиная с 0,5—0,6 от нормального значения. В новом оборудовании для регулировки анодного напряжения используются сеточные цепи тиратронных установок.

Для ламп, работающих при анодном напряжении до 1000 *в*, включение можно производить сразу на полное значение. Лампы с более высоким напряжением необходимо включать постепенно.

В крайнем случае можно взять начальное значение анодного напряжения равным 75% от номинала. Дальнейшее повышение производится плавно или скачками через 1000 *в* с выдержкой на каждой ступени.

Большое преимущество имеют методы регулировки, позволяющие не только повышать, но и снижать напряжение без выключения передатчика. Это особенно важно там, где колебания питающего напряжения превышают ±7%.

Регуляторы напряжения должны иметь устройство, автоматически возвращающее регулятор в положение, соответствующее минимальному анодному напряжению, после каждого выключения передатчика.

Наилучшей мерой борьбы с перенапряжениями является хороший подбор автоматов или предохранителей в анодных и сеточных цепях ламп и наличие в схеме разрядников для отвода энергии перенапряжения на землю.

Анодное напряжение должно подаваться на лампу после того, как напряжение накала достигнет своего номинала и на сетку лампы будет подано соответствующее смещение. Иногда, во избежание преждевременного включения, в схеме передатчика устанавливается реле времени.

Для предохранения анодной цепи лампы от перегрузки в цепь анодного тока включают максимальные реле. Реле устанавливают на ток, превышающий нормальное значение на 25—50%. При перегрузках реле срабатывают и, воздействуя на приборы выключения, снимают анодное напряжение. Максимальное время срабатывания реле и выключающего устройства не должно превышать 0,15 секунды. Кроме того, последовательно с лампами в цепь анода включаются защитные сопротивления.

Необходимо также предусматривать защиту сеточных цепей. Отсутствие защиты в условиях эксплуатации приводит к пробоям деталей сеточной цепи ламп и к увеличению времени на ликвидацию технических остановок.

Учёт мощных ламп ведётся на отдельных карточках. В карточке отмечается дата получения лампы на радиостанции, делается пометка о её проверке, жестчении, времени установки лампы в схему, времени снятия лампы и о причине выхода её из строя.

Ежедневно, на основе суточных листков работы передатчика, на каждой карточке работающей лампы отмечается время её работы за сутки. По выходе лампы из строя или временном изъятии её из схемы, подсчитывается и записывается итоговое время работы лампы. Заведывание ламповым хозяйством на крупных радиостанциях следует поручать отдельному лицу. На его обязанности лежит ведение учёта работы всех ламп, составление заявок и своевременное получение новых ламп с завода, проверка и

испытание ламп, контроль за их режимом в эксплуатации, градуировка приборов цепи накала, определение причин выхода ламп из строя и т. п.

Правильно поставленное ламповое хозяйство даёт радиоцентру значительную экономию расходов.

III.6. Эксплуатация разборных ламп

После сборки разборной лампы необходимо произвести формовку электродов. Для этой цели у установленной на место лампы включают в работу форвакуумный насос и приступают к откачке. По достижении вакуума в 0,1 *мм* ртутного столба, включают диффузионный паромасляный насос и примерно минут через 30 измеряют вакуум в лампе. Откачку продолжают до получения вакуума в лампе в 10^{-6} *мм* ртутного столба.

Необходимое для этого время зависит от многих причин. Если в лампе находился воздух, и особенно влажный, процесс откачки длится долго. Недостаточно внимательная сборка лампы, загрязнение электродов, попадание посторонних частиц также удлиняет время откачки.

По достижении вакуума в 10^{-6} *мм* приступают к формовке катода. Для этого включают накал при пониженном напряжении и медленно поднимают напряжение, следя за состоянием вакуума в лампе. Он не должен ухудшаться больше чем до 10^{-4} *мм* ртутного столба. Установив полный накал, снова доводят вакуум до 10^{-6} *мм*. Этот процесс довольно продолжителен, так как при накаливании нити одновременно прогреваются и другие электроды в лампе, выделяя поглощённые ими газы.

По окончании формовки катода приступают к формованию сетки. Понижают напряжение накала наполовину и подают на сетку положительное напряжение, постепенно повышая его с нуля, всё время наблюдая при этом за вакуумом. Он не должен ухудшаться более чем до $3 \cdot 10^{-5}$ *мм* ртутного столба, в противном случае понижают напряжение и ждут восстановления вакуума. Если вакуум держится, начинают постепенно поднимать напряжение накала до нормального, соблюдая указанный допустимый предел ухудшения вакуума.

Мощность, потребляемая при формовке сеточной цепи, может достигать нескольких киловатт, и при проведении формовки приходится внимательно следить за вакуумом, так как разогрев сетки увеличивает также и нагрев катода, что даёт увеличение тока эмиссии.

Формовку сетки заканчивают по достижении нормального напряжения накала при вакууме в 10^{-6} *мм* ртутного столба. После этого приступают к формовке анода.

Во избежание появления паразитных колебаний сетку лампы соединяют с вводом катода двумя или тремя конденсаторами большой ёмкости. Для уменьшения индуктивности соединение производят по возможности более короткими проводами. Сохраняя положительное напряжение на сетке и нормальное напряжение накала, подают на анод лампы значительно пониженное напряжение, постепенно повышая его, но, не допуская ухудшения вакуума больше чем до 10^{-5} *мм* ртутного столба. Анодное напряжение постепенно доводят до допустимого рассеивания мощности на аноде, после чего при наличии вакуума в 10^{-6} *мм* заканчивают формовку лампы в статическом режиме.

Для окончательной формовки модуляторных ламп, предназначенных для работы при анодной модуляции, последовательно с источником постоянного тока высокого напряжения, включают переменный ток с достаточной амплитудой.

Генераторные лампы формуют, снабжая их колебательным контуром и включая по схеме самовозбуждения.

После окончания формовки рабочие лампы включают в работу, а у резервных сохраняют только работу насосов. Для обеспечения нормального эксплуатационного состояния следует каждые 2—3 дня менять рабочие лампы на резервные.

При включении высокого напряжения нужно следить за вакуумом в лампе. Он никогда не должен быть хуже чем $5 \cdot 10^{-6}$ *мм* ртутного столба. Система водоохлаждения должна обеспечивать отходящую температуру на лампах не выше 35—40° и при выключении передатчика должна продолжать работу ещё минут 10—15, после чего может быть выключена.

В целях ускорения замены вышедших из строя ламп, на резервные лампы с водяным охлаждением надевают заранее резиновые прокладки; лампы, требующие подключения к ним конденсаторов, снабжаются последними и т. п. Лампы, находящиеся в резерве, систематически проверяют установкой их на некоторое время в рабочую схему.

III.7. Динатронный эффект

Накалённая нить в лампе излучает электроны, стремящиеся к аноду под влиянием имеющегося на нём положительного напряжения. Электроны, с силой ударяясь о сетку и анод лампы, выбивают новые электроны, называемые вторичными. Вторичные электроны образуют в лампе новые потоки, изменяя обычное соотношение токов сетки и анода. Явления, связанные со вторичным излучением электронов, называют динатронным эффектом.

В схемах генераторов смещение часто создаётся включением в цепь сетки сопротивления и ёмкости. Появляющийся при работе

лампы сеточный ток создаёт на сетке отрицательный потенциал. Если сеточный ток под влиянием какой-либо причины изменит своё направление, то сетка окажется заряженной положительно.

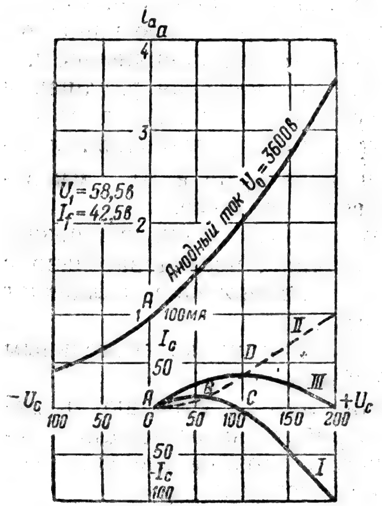


Рис. III.11. Характеристика лампы с динатронным эффектом

На рис. III.11 приведена характеристика лампы с ярко выраженным динатронным эффектом.

На характеристике *I* ток сетки является суммой двух токов. При малых положительных напряжениях на сетке имеется лишь ток первичных электронов (участок *AB*). В точке *B* характеристика сеточного тока имеет перегиб, объясняющийся динатронным эффектом, ток сетки начинает падать (участок *BC*). При дальнейшем увеличении напряжения на сетке ток меняет своё направление, преобладает поток вторичных электронов. Заряд на конденсаторе в цепи сетки изменит свою полярность и сетка лампы окажется заряженной положительно. Положительное смещение сетки ещё больше увеличит скорость электронов, число вторичных электронов лавинно растёт и дело должно кончиться гибелью лампы и повреждением деталей, если это не будет предотвращено защитными устройствами.

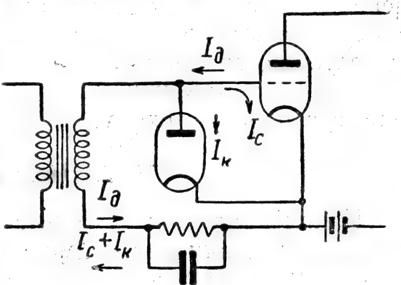


Рис. III.12. Схема с антидинатронной лампой

Наиболее распространённым методом борьбы с динатронным эффектом является установка в схему специального кенотрона. Кенотрон включается в цепь сетки лампы так, как показано на рис. III.12.

В положительные полупериоды возбуждения сетки ток проходит через промежуток сетка — нить лампы (I_c) и пространство анод — нить кенотрона ($I_к$). Ток кенотрона $I_к$ создаёт в цепи сетки дополнительное смещение, и оно не может изменить своего знака, если динатронный ток в цепи сетки не превысит тока кенотрона. Это станет ясным из рас-

смотрения кривой II рис. III.11. Ток $I_к$ имеет только положительное направление. Результирующий ток в неразветвлённой части цепи сетки изменяется по кривой III и является суммой двух токов $(I_c - I_д) + I_к$.

Необходимо отметить, что лампы с вторичным излучением могут генерировать паразитные колебания. Это происходит благодаря наличию падающего участка в характеристике сеточного тока.

Уменьшения динатронного эффекта можно также достигнуть подбором материала для изготовления сеток, например, тантала, обладающего малым вторичным излучением, или конструктивными изменениями электродов лампы.

Величина вторичного излучения неодинакова для ламп одного и того же типа, что объясняется изменяющимися условиями производства, различием первичных материалов, степени их очистки и т. д.

III.8. Пробой вакуума в мощных лампах

В мощных лампах с водяным охлаждением наблюдается ещё одно неприятное явление, вызывающее перерывы в работе. Во время нормальной работы внезапно возникает пробой вакуума между анодом и сеткой, или анодом и нитью и через лампу проходит ток, значительно превышающий нормальный. При некоторых условиях пробой переходит в дуговой разряд, разрушающий лампу. Если приняты меры для предотвращения чрезмерного нарастания тока, пробой не причиняет вреда лампе.

Причины внезапной потери вакуумом своих изоляционных свойств ещё достаточно не изучены. Искровой пробой наблюдался особенно часто в первые годы применения мощных ламп. В последнее время в технике изготовления мощных ламп достигнуты большие успехи и соответственно уменьшилось число перерывов на радиостанциях, вызываемых пробоями в лампах.

Повидимому, одной из причин этого явления можно считать внезапное выделение газа из-за случайного местного перегрева анода. Последний может быть вызван неравномерным осаждением на аноде накипи. При перегреве металл анода выделяет следы поглощённого им газа, вакуум ухудшается и происходит пробой.

Это обстоятельство заставляет уделять особое внимание охлаждению ламп и производить тщательный периодический контроль состояния наружной поверхности анодов.

Пробой чаще наблюдается у новых ламп, чем у бывших в употреблении долгое время. В этом случае его можно объяснить технологическими недостатками при изготовлении лампы. Пробой

после длительной работы ламп более правильно отнести к недостаткам их эксплуатации.

Экспериментальное изучение вопроса и статистическая обработка эксплуатационных данных о явлении пробоя позволили найти ряд мероприятий, если и не уничтожающих это явление, то значительно уменьшающих вероятность перехода пробоя в дугу.

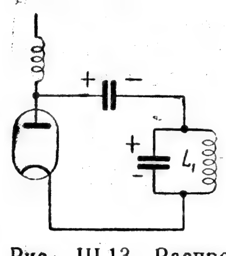


Рис. III.13. Распределение зарядов в схеме генератора

Переход пробоя в дугу зависит, главным образом, от параметров схемы, в которой лампа работает. Например, когда блокировочный конденсатор и конденсатор колебательного контура имеют максимальные заряды одного знака, образуя последовательную цепь (рис. III.13), напряжение между электродами лампы максимально и может произойти пробой.

При пробое конденсаторы оказываются включёнными параллельно и их противоположные заряды стремятся к взаимной нейтрализации, создавая затухающие колебания высокой частоты. Остаточный заряд, представляющий собой разность зарядов обоих конденсаторов, разряжается затем через индуктивность катушки колебательного контура, вызывая повторные колебания, но уже пониженной частоты. Эти колебания более продолжительны и поддерживают дугу в лампе в активном состоянии, в то время как высокочастотный дроссель допускает возрастание питающего тока. Вследствие этого через дугу в лампе произойдёт уже разряд конденсатора сглаживающего фильтра, а при невыключенном первичном источнике электропитания — возникает короткое замыкание.

В частном случае, когда заряды конденсаторов равны, первое колебание высокой частоты нейтрализует их полностью и в схеме наблюдается прекращение колебаний. Чем больше активное сопротивление соединений между конденсаторами и лампой, тем быстрее происходит затухание. Если за это время индуктивности в цепи постоянного тока лампы не позволят питающему току нарасти в размерах, достаточных для поддержания дуги,— дуга погаснет.

Если в схеме включено впараллель несколько ламп, то условия для возникновения дуги оказываются более благоприятными, так как увеличивается ёмкость блокировочных конденсаторов и конденсаторов фильтра и уменьшаются индуктивности.

При наступлении пробоя в одной из параллельно включённых ламп через неё в первый момент пройдёт суммарный ток всех ламп. Разряд между блокировочным и контурным конденсаторами произойдёт по цепи с небольшим активным сопротивлением, конденсатор фильтра быстро разрядится через лампу.

Из описанного процесса возникновения дуги ясны необходимые мероприятия для уменьшения последствий пробоя. Одним из них является увеличение расстояния между сеткой и анодом в самой лампе. Для уменьшения количества энергии, проходящей через лампу в момент пробоя, в современных передатчиках каждая из включённых параллельно ламп получает раздельное питание через отдельные дроссели для ограничения тока (рис. III.14). Ёмкость блокировочных конденсаторов, поставленных индивидуально у каждой лампы, может быть взята меньшей в число раз, соответствующее числу включённых ламп. Это уменьшает заряд каждого из конденсаторов. Индуктивность индивидуальных дросселей высокой частоты может быть взята большей в то же число раз. Это увеличивает сопротивление, через которое должен разрядиться конденсатор фильтра.

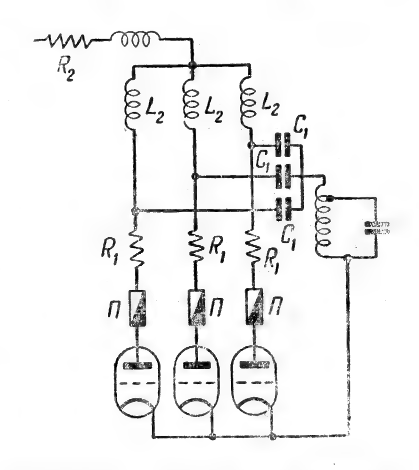


Рис. III.14. Схема, уменьшающая вероятность пробоя

Индивидуальные сопротивления R_1 у каждой лампы вносят дополнительное затухание при возникновении разряда между блокировочным и контурным конденсаторами. Сопротивление R_2, включённое в общую цепь питания, ограничивает ток короткого замыкания. Индивидуальные автоматы или предохранители отсоединяют неисправную лампу, ограничивая этим опасность пробоя.

Современные схемы в целях быстрейшей ликвидации неисправности ламп снабжаются повторными реле. При появлении пробоя действует максимальный автомат, отключающий высокое напряжение. Реле повторного включения снова включает высокое напряжение. Если лампа продолжает быть неисправной, процесс отключения и включения повторяется. После трёхкратного включения высокого напряжения, если причина не исчезает, высокое напряжение выключается окончательно.

С увеличением мощности ламп и, соответственно, с уменьшением числа параллельно включённых ламп, указанные меры приносят сравнительно меньший эффект, так как увеличиваются параметры всех деталей схемы. В этом случае эффективным средством борьбы с пробоем в лампе является применение тиратронных установок или ртутных выпрямителей с сеточной регулировкой. Такие выпрямители автоматически выключают вы-

прямленное напряжение в чрезвычайно короткое время. При пробое в одной из ламп выпрямитель автоматически выключает напряжение, как только ток начинает возрастать. После того, как пробой в лампе ликвидируется, выпрямитель автоматически подаёт на лампы высокое напряжение. Эти перерывы так невелики, что явление пробоя в лампе остаётся почти незаметным, не вызывая в большинстве случаев остановки работы передатчика. Однако это мероприятие не устраняет возможности появления дуги в лампе.

Описанный выше разряд фильтрового конденсатора через лампу, поддерживающий дугу, не позволяет полностью исключить из схемы анодные ограничительные сопротивления.

Наличие же в схеме ограничительных сопротивлений сопряжено с большими потерями мощности. Поэтому ряд специалистов высказывается за их исключение. Произведённые предварительные эксперименты показали, что вероятность гибели лампы и сопряжённые с этим расходы меньше постоянных расходов на оплату энергии, бесцельно теряемой в сопротивлениях.

Отсутствие достаточного экспериментального материала заставляет ламповые заводы требовать наличия в схеме сопротивлений. В связи с этим ведутся работы в направлении улучшения защиты ламп путём усовершенствования системы отключения анодного напряжения с одновременным отводом от лампы заряда ёмкости фильтра. Это может быть осуществлено, например, включением параллельно лампам игнайтрона — ртутного выпрямителя специальной конструкции, становящегося проводимым для тока в момент появления неисправности в лампе

III.9. Эксплуатация маломощных усилительных ламп

Применение в передающих устройствах различных сложных приборов: ограничителей модуляции, измерителей всякого рода, девиометров, ламповых реле, параметрических возбудителей и т. п. требует значительного ассортимента маломощных ламп.

Необходимая точность и безупречность работы сложных приборов часто достигаются повышением требований к подбору используемых ламп по параметрам. Эти обстоятельства заставляют организовывать на радиоцентрах предварительный отбор и испытание ламп. Используются специальные приборы-пробники, позволяющие быстро определить эмиссию лампы; при более сложных испытаниях лампы проверяются в запасных комплектах оборудования или на собираемых в лаборатории испытательных макетах.

Современные приёмно-усилительные лампы имеют, как правило, оксидные катоды, долговечность которых в большой степени зависит от условий эксплуатации. Обычно конструкторы учи-

тывают это обстоятельство, снабжая приборы стабилизаторами напряжения и тока.

Как понижение, так и повышение накала оксидных катодов резко влияет на параметры ламп. При понижении накала против нормального происходит сильное снижение электронной эмиссии. При повышении накала происходит усиленное испарение активизирующих веществ, покрывающих катод, и осаждение их на других электродах лампы. Это вызывает понижение эмиссионных способностей катода и, как следствие, изменение характеристик ламп.

Режим лампы зависит и от окружающей температуры. Условия плохой теплоотдачи могут привести к быстрому выходу лампы из строя. Это следует иметь в виду при размещении аппаратуры, использующей приёмно-усилительные лампы, в шкафах передатчика. Нужно предохранять лампы от дополнительного нагрева окружающими её деталями и обеспечивать необходимую вентиляцию, особенно для более мощных усилительных ламп. Предельно допустимая температура баллона лампы в среднем не должна превышать 150°.

Средний срок службы приёмных ламп составляет 600—1000 часов. Это означает, что на загруженных передатчиках за год используется от 6 до 10 комплектов приёмных ламп. Поэтому в условиях эксплуатации вопросу подбора и своевременной замены ламп необходимо уделять особое внимание.

Резервные лампы, специально подобранные для работы на определённых местах, должны иметься в резерве у дежурной смены в двойном количестве. Лаборатория, производящая отбор, должна снабжать эти лампы соответствующими этикетками, на которых указывается назначение ламп.

В резерв отбираются лампы, предварительно испытанные и работавшие в оборудовании по 200—300 часов.

ГЛАВА IV

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГАЗОТРОНОВ И ТИРАТРОНОВ

IV.1. Приёмка газотронов и тиратронов и подготовка их к работе

Распакованные газотроны подвергаются внешнему осмотру и испытываются на вакуум прибором Тесла. Испытание проводится аналогично испытанию ламп. Газотроны с плохим вакуумом дают красное свечение и к работе непригодны. Газотроны с ухудшенным вакуумом дают розоватое свечение, их следует попытаться восстановить.

Затем приступают к тренировке газотронов, заключающейся в предварительном прогреве их на отдельной установке. Газотроны устанавливают вертикально, включают накал и постепенно поднимают напряжение до нормального.

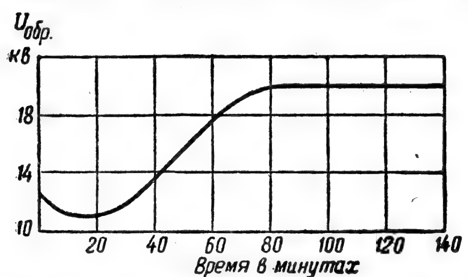


Рис. IV.1. Зависимость напряжения обратного зажигания газотрона от времени

Электрическая прочность газотрона при перевозках значительно снижается. Оседающая на аноде ртуть является причиной возникновения обратных зажиганий. Поэтому газотрон после перевозок подвергают прогреву в течение от 1 до 3 часов в зависимости от мощности. Электрическая прочность газотрона повышается по мере прогрева его током накала. На рис. IV.1 показан рост напряжения обратного зажигания в зависимости от времени прогрева. После прогрева газотрон переносят на рабочее место и включают на нормальную работу.

Первоначальный прогрев можно вести, применяя одновременно с включением накала и подачу небольшого анодного напряжения. По этому методу газотрон устанавливают на стойке,

включают накал и после разогрева катода подводят к аноду невысокое напряжение (15—60 *в*) постоянного или переменного тока. Напряжение на аноде регулируется так, чтобы среднее значение тока не превышало указанного в паспорте газотрона. Прогрев ведут до тех пор, пока не исчезнут капельки ртути в верхней горловине баллона. Если специальной установки для жестчения газотронов нет, то газотрон сразу устанавливают на рабочее место и прогревают его длительным накалом нити.

Накал нити газотронов производится переменным током. Катод газотрона имеет по отношению к земле высокий потенциал, поэтому вторичная низковольтная обмотка трансформатора изолируется от первичной обмотки на полное анодное напряжение. Плюс высокого напряжения отводят от средней точки вторичной обмотки. В газотронах с прямым накалом в целях удлинения срока службы катода, фазу трансформатора накала подбирают так, чтобы она была сдвинута по отношению к фазе анодного напряжения на 90°. Это делает распределение тока эмиссии вдоль катода более равномерным. Такой сдвиг можно получить, питая анод и катод от трансформаторов разных групп соединения, соответственно подобрав фазы.

Иногда газотроны работают неустойчиво, пропускают рабочий период совсем или зажигаются позже установленного для них момента. В некоторых случаях газотрон вообще не зажигается. При таких газотронах необходимо работать некоторое время с повышенным напряжением накала на 20—50%. По истечении 10—15 минут нужно сделать попытку снизить накал до нормального. Если неустойчивая работа продолжается, напряжение накала повышают вновь. Если и в этом случае газотрон продолжает плохо работать, он бракуется как негодный. Восстановлению указанным методом подвергаются также газотроны, отработавшие значительный срок службы (5—6 тысяч часов).

Длительное хранение газотронов уменьшает срок их работы из-за потери катодом части активной поверхности. Во избежание этого необходимо периодически, хотя бы раз в два месяца, прогревать катоды резервных газотронов нормальным током накала.

Качество газотронов и тиратронов может быть проверено электронным осциллографом: наблюдением величины напряжения зажигания и сравнением её с величиной падения напряжения на вентиле в рабочую часть периода.

Испытываемый газотрон устанавливается в специальный подогревный стенд. Анод подключается ко вторичной обмотке испытательного трансформатора (рис. IV.2) мощностью в 300—500 *ва* и напряжением вторичной обмотки около 120 *в*. Для ограничения тока, проходящего через газотрон, последовательно в анодную цепь включается сопротивление 50 *ом*. Параллельно промежутку анод—катод газотрона подсоединяется осциллограф.

При работе газотрона в данной схеме на экране осциллографа можно увидеть изображение, подобное показанному на рис. IV.3. За время отрицательной полуволны газотрон тока не пропускает и сопротивление его велико. На экране это соответствует нижней синусоидальной полуволне напряжения. С переменой знака газотрон некоторое время периода, до достижения значения напряжения, соответствующего напряжению зажигания, также не пропускает тока и кривая на экране следует синусоидальному закону. В момент начала работы газотрона сопротивление его резко падает и на нём устанавливается постоянное падение напряжения, действующего во время рабочей части периода. Это сооответствует горизонтальному участку кривой.

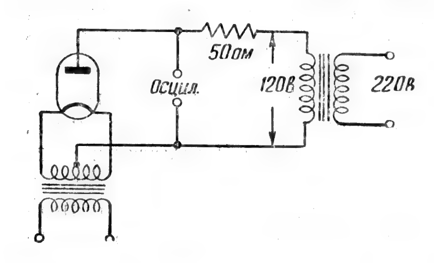


Рис. IV.2, Схема испытания газотрона

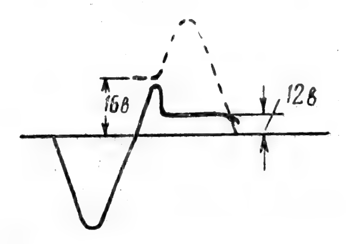


Рис. IV.3. Осциллограмма работы газотрона

Таблица IV.1

Падение напряжения в газотронах

Тип газотрона	Падение напряжения (максимальное), *в*	Напряжение зажигания, *в*
ВГ-161	14	20
ВГ-252	14	20
ВГ-129	15	20
ВГ-236	16	25
ВГ-237	16	25
ВГ-163	18	60

В табл. IV.1 приведены нормальные значения падения напряжения и напряжения зажигания для различных типов газотронов.

При сравнении газотронов одного и того же типа можно заметить, что каждому из газотронов свойственна своя форма кривой на экране.

Чем больше разница между напряжением зажигания и падением напряжения, тем позже в рабочей схеме газотрон вступает в работу. Если разница очень велика, то газотрон вообще работает неустойчиво, с пропусками, создавая пульсации и уменьшая значение выпрямленного тока. Такие газотроны более предрасположены и к обратным зажиганиям.

При некотором навыке неисправные и неустойчиво работающие газотроны легко определяются по высокому выбегу кривой на экране осциллографа.

Описанному испытанию удобно подвергать и газотроны, установленные в рабочей схеме. Для этого аноды отсоединяются и к каждому аноду поочерёдно подключается вторичная обмотка испытательного трансформатора вместе с осциллографом. Это испытание применимо и для тиратронов, только анодное напряжение для них должно быть несколько выше для преодоления влияния сетки. Это же измерение позволяет проверить и правильность первоначальной установки сеточных напряжений. У тиратронов, имеющих нетиповую кривую, в первую очередь должно быть проверено подаваемое на сетку напряжение. Путём подбора напряжений можно уравнивать режим работы тиратронов, не сильно разнящихся друг от друга.

IV.2 Нормальный режим работы газотронов и тиратронов

При каждом включении в работу газотроны и тиратроны должны быть предварительно прогреты. Для этого постепенно включают накал, давая прогреться нити. Реостат накала должен быть рассчитан так, чтобы при включении броски тока не превышали двойного нормального тока, так как сопротивление нити у газотронов с прямым накалом в холодном состоянии приблизительно в 7—9 раз меньше, чем в нагретом. По установлении нормального напряжения накала дают газотрону время для прогрева. Продолжительность прогрева колеблется в большой степени в зависимости от температуры окружающего пространства и мощности вентилей. Для новых или временно снятых и давно неработавших газотронов время прогрева должно быть больше, чем для газотронов, уже работавших в схеме и включаемых повторно после кратковременного выключения. Нормальный накал газотрона устанавливается по вольтметру. Измерение напряжения накала следует производить непосредственно на вводах катода, с большой точностью прибором, позволяющим отсчитать десятые доли вольта. Колебания накала допустимы в пределах не больше $+10\%$ -5%.

Включение анодного напряжения должно производиться при нормальном напряжении накала. Включение анодного напряжения при пониженном токе накала сокращает срок службы газотрона вследствие быстрого разрушения нити. При перегорании предохранителей в цепи накала высокое напряжение должно быть немедленно снято.

Температура на поверхности нижней горловины баллона должна быть при включении высокого напряжения около 25°Ц.

В эксплуатации возле газотронов необходимо иметь обычный термометр и по его показаниям регулировать время прогрева.

Во избежание преждевременного включения анодного напряжения передатчики снабжаются специальными реле с выдержкой времени. Анодное напряжение не может быть включено, пока реле времени не замкнёт цепь включения масляного выключателя. В качестве реле времени можно использовать термореле.

Включение высокого напряжения желательно производить постепенно, примерно с половинного значения. Регулировка анодного напряжения производится регуляторами напряжения.

Во время работы газотронов следят, чтобы температура не повышалась выше допустимого предела. При увеличении нагрузки и повышении окружающей температуры включается искусственное охлаждение воздушным вентилятором.

Падение напряжения в газотроне зависит от значения давления газа в баллоне. Давление газа внутри баллона является прямой функцией температуры, следовательно, малые температуры баллона создают условия для увеличения падения напряжения между электродами. Это объясняется тем, что при малом давлении газа увеличивается длина свободного пути электронов. Вероятность столкновения его с молекулами газа становится меньшей и появляется отрицательный пространственный заряд, увеличивающий внутреннее сопротивление.

Увеличение падения напряжения приводит к ускорению движения положительных ионов при ионизации и к разрушению ими катода. Таким образом, при малых температурах в баллоне газотрона нить разрушается бомбардировкой положительных ионов. Разрушения нити можно избежать, если падение напряжения между электродами не будет превосходить некоторого критического значения, равного для паров ртути 22 *в*.

На величину критического падения напряжения сильно влияет также накал нити. Уменьшение напряжения накала вызывает увеличение падения напряжения и разрушение нити. Увеличение напряжения накала влечёт сокращение часов работы газотрона вследствие сильного излучения электронов с катода и потери эмиссии из-за исчезновения слоя оксида бария. Поэтому постоянству напряжения накала газотрона должно быть уделено большое внимание. В эксплуатации при сильных колебаниях напряжения в питающей сети понижение питающего напряжения может вызвать гибель газотронов. Этого избегают, устанавливая в схеме специальное реле, автоматически выключающее высокое напряжение при уменьшении напряжения накала на 5%.

При выключении газотронной установки снимают в первую очередь высокое напряжение, а затем накал.

При изъятии газотронов из схемы, переносе их с места на место и т. п., следует избегать переворачивания газотронов ано-

дом книзу, так как капли ртути могут попасть на анод и резко понизить значение обратного напряжения.

Свойства газотронов можно восстановить длительным прогревом, так как при прогреве ртуть сгоняется с анода в нижнюю горловину баллона. Хорошо работавший газотрон, будучи вынут из схемы и получив при небрежном обращении случайные толчки, ухудшается и требует жестчения. Поэтому следует избегать перестановки работающих в схеме газотронов без особой на то надобности.

IV.3. Обратные зажигания

Газотронам и тиратронам свойственно явление обратного зажигания. В нормальных условиях за время отрицательного полупериода через газотрон течёт очень незначительный обратный ток. Величина его в сильной степени зависит от давления паров ртути вблизи анода. Обратный ток образуется электронами, вылетевшими из холодного анода под влиянием бомбардировки анода положительными ионами в отрицательные полупериоды. При повышении давления обратный ток быстро возрастает и может стремительно ионизировать пространство, что является практически коротким замыканием для трансформатора. Обратное зажигание иногда влечёт за собой разрушение самого газотрона. Если обратное зажигание не повредило катода, то такой газотрон может успешно продолжать работать дальше.

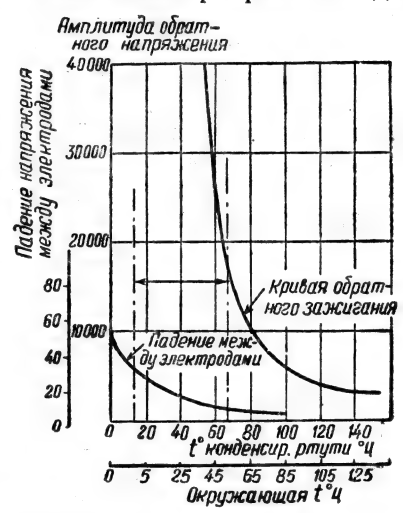


Рис. IV.4. Зависимость напряжения обратного зажигания газотрона от температуры паров ртути

В момент возникновения обратного зажигания через остальные газотроны, включённые в схему, течёт ток значительно больше нормального. Газотроны безболезненно принимают на себя эту нагрузку, если время прохождения повышенного тока не слишком велико. Ограничение времени достигается включением индивидуальных плавких предохранителей в мощных выпрямительных установках или реле автоматов в цепи анодов каждого газотрона.

Зависимость напряжения обратного зажигания от температуры паров ртути дана на рис.IV.4. Если при температуре в 60° об-

ратное зажигание возникает при напряжении в 26 000 *в*, то при температуре в 100° оно наступает уже при напряжении в 5000 *в*. Отсюда видно, какое большое значение имеет температура газотрона для его устойчивой работы.

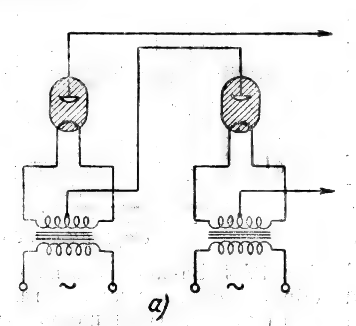
По наблюдениям, для большинства газотронов температура на поверхности нижней горловины баллона должна быть в пределах не менее 15—19° и не более 45°. В противном случае необходимо или подогревать, или охлаждать газотрон. Поэтому иногда приходится прибегать к установке охлаждающих вентиляторов.

Для газотронов, работающих при малых анодных напряжениях, когда значение напряжения обратного зажигания невелико, допускается повышение рабочей температуры до 60°.

Обратное зажигание может возникнуть также вследствие прилипания к аноду капелек ртути, которые могут образовать кратер, т. е. источник электронов.

При увеличении анодного тока сверх нормального падение напряжения у катода увеличивается, усиливается бомбардировка катода ионами и катод разрушается. Это сопровождается появлением на катоде ярко накалившихся точек. В местах раскалённых точек быстро улетучивается слой оксида. Катод начинает плавиться и выделять газ; газотрон выходит из строя.

Большое значение имеют посторонние газы, оставшиеся в баллоне при несовершенной откачке. Они увеличивают давление в колбе и снижают значение допустимого напряжения обратного зажигания, в особенности в первый момент включения.



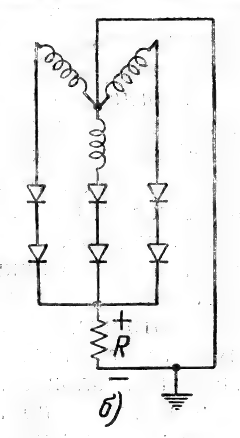


Рис. IV.5. Схемы использования дефектных газотронов

Неисправные газотроны, не выдерживающие условий работы в нормальной схеме (частые обратные зажигания), могут быть включены последовательно по схеме рис. IV.5*а* и *б*. В каждое плечо схемы включается взамен одного два газотрона последовательно. При этом условия возникновения обратного зажига-

ния не совпадают по времени в обоих газотронах и схема работает устойчиво. Такое включение оправдывает себя при неустойчивых в работе газотронах; включение новых газотронов по этой схеме невыгодно.

При возникновении обратного зажигания в одном из газотронов фазовые предохранители часто сгорают одновременно у нескольких газотронов. Для быстрой ликвидации технической остановки необходимо выяснить, какой именно из газотронов является причиной обратного зажигания. Для этой цели служит весьма простой прибор, названный индикатором обратного зажигания.

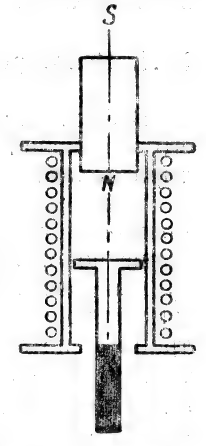


Рис. IV.6. Индикатор обратного зажигания

Устройство его показано на рис. IV.6. Прибор состоит из катушки в несколько витков проволоки. В середине катушки имеется неподвижно закреплённый магнит, притягивающий к себе небольшой стальной стерженёк. Стерженёк окрашен в красный цвет и имеет закраины, не позволяющие ему выпасть за пределы катушки. Нормально стерженёк находится в притянутом к магниту положении. Катушки (по числу газотронов в схеме) включаются последовательно с анодами газотронов. Импульсы постоянного тока, проходящие через катушку, создают магнитное поле, действующее согласованно с полем постоянного магнита.

При обратном зажигании направление тока в газотроне меняется. Возбуждаемое током магнитное поле катушки меняет свой знак и стержень отпадает. Открыв шкаф, можно быстро определить неисправный газотрон, приподнять и установить в исходное положение стержень. Этот достаточно простой индикатор легко может быть изготовлен силами эксплуатационного персонала.

Возможной причиной неустойчивой работы газотронов часто является низкая температура в здании. В этом случае необходимо утеплить нижнюю горловину газотрона изолирующим материалом. Неудачная конструкция держателя также может вызвать неустойчивую работу газотрона: металлическая обойма, обхватывая горловину газотрона, вызывает иногда неправильное распределение потенциалов внутри газотрона и понижает его прочность. Кроме того, расположение газотронов, при котором они подвергаются дополнительному нагреву от нижерасположенных газотронов, реостатов или других деталей или наличие вблизи отопительных приборов влечёт за собой неустойчивую работу газотронов.

Аналогично действует холодная струя воздуха из окна или от близ расположенного отверстия вентиляции.

Влияние на выпрямительную схему токов высокой частоты или помещение газотрона в сильное электромагнитное поле создаёт возможность появления обратных зажиганий. Работа газотрона на фильтр, начинающийся с ёмкости, приводит к таким же явлениям.

IV.4. Некоторые особенности работы тиратронных выпрямителей

Всё сказанное о температурном режиме газотрона, порядке его жестчения и эксплуатации в полной мере относится и к тиратронам.

Так же, как в газотроне, прохождение тока через тиратрон сопровождается ионизацией внутреннего пространства лампы. Наличие ионов нейтрализует отрицательный объёмный заряд, образуемый электронами, вылетающими из катода. Ионы окружают управляющую сетку, вследствие чего она влияет на электронный поток только до появления большого количества ионов, т. е. до момента зажигания тиратрона. После наступления зажигания ионы образуют вокруг сетки нейтрализующий слой и влияние сеточного напряжения на работу тиратрона прекращается. Действие сетки восстанавливается во время отрицательной полуволны, когда прерывается анодный ток.

Сетка регулирует время начала зажигания тиратрона в каждый период, управляя, таким образом, средним значением выпрямленного тока, а следовательно, и выпрямленным напряжением.

Для этого на сетку вместе с отрицательным напряжением подаётся положительный остроконечный импульс и подбирается фаза его по отношению к анодному напряжению. Остроконечный, с крутым фронтом импульс более точно определяет момент зажигания тиратронов.

Рис. IV.7. Пусковая характеристика тиратрона при разных температурах

Пусковая характеристика тиратрона (рис. IV.7) определяет зависимость между анодным напряжением и напряжением на сетке в момент, предшествующий зажиганию тиратрона.

В зависимости от температуры момент зажигания несколько меняется. Кроме того, ход пусковой характеристики зависит от

сопротивления, всегда включаемого последовательно с управляющей сеткой (рис. IV.8).

Для управления моментом зажигания тиратрона применяются различные схемы. Наиболее простая из них показана на рис. IV.9. В цепь сетки включён мост, два плеча которого

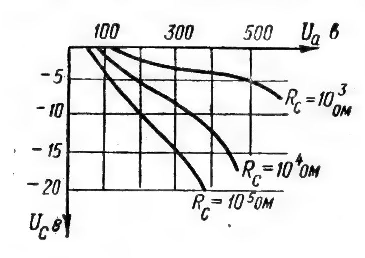


Рис. IV.8. Пусковая характеристика тиратрона при разных сопротивлениях

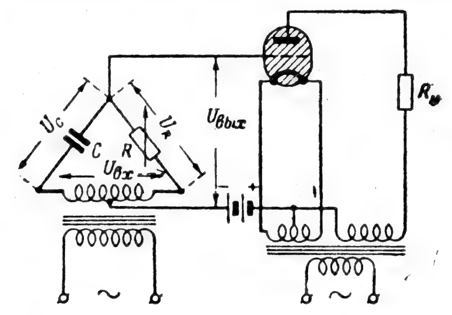


Рис. IV.9. Схема управления моментом зажигания тиратрона

образуются обмоткой питания и два других — ёмкостью и переменным сопротивлением. В одной диагонали моста действует напряжение $U_{вх}$. С другой диагонали снимается переменное напряжение для управляющей сетки $U_{вых}$, фаза которого зависит от соотношения сопротивлений R и $\frac{1}{\omega C}$.

Векторная диаграмма (рис. IV.10) показывает, что, изменяя значение сопротивления R, можно изменять угол сдвига фаз φ между напряжениями $U_{вх}$ и $U_{вых}$ в пределах от 0 до 180°. Если

$$R=0, \text{ то } \varphi=0; \text{ если } R\to\infty, \text{ то } \varphi\to 180°.$$

На рис. IV.11 показано прохождение тока через тиратрон при изменении фазы сеточного напряжения

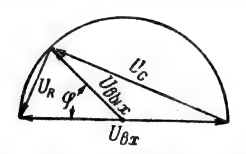


Рис. IV.10. Векторная диаграмма схемы зажигания тиратрона

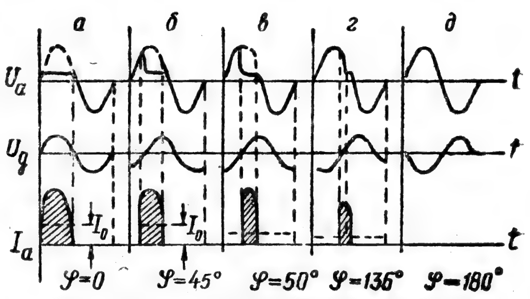


Рис. IV.11. Прохождение тока через тиратрон

от 0 до 180°. При сдвиге в 180° положительный импульс напряжения на сетку поступает так поздно, что тиратрон остаётся за-

пертым. Значение амплитуды сеточного напряжения при этом практически не изменяется.

В мощных выпрямителях регулировка напряжения осуществляется тремя ступенями. На первой ступени напряжение имеет величину 0,2—0,3 от номинального значения, на второй — 0,6 — 0,7 и достигает номинала на третьей ступени. Такая схема регулировки приведена на рис. IV.12. При включении подтягивается реле PC_T, подающее напряжение к сеточным трансформаторам от схемы с полностью включёнными сопротивлениями. Далее действует реле *PC-1,* замыкая часть сопротивлений и затем реле *PC-2,* выключающее все пусковые сопротивления.

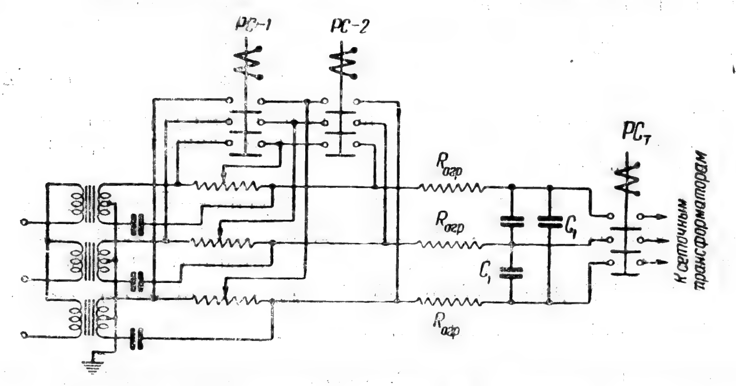


Рис. IV.12. Схема регулировки напряжения в мощных выпрямителях

В случае неисправности схемы или пробоя в лампах передатчика реле PC_T отпадает и на сетки тиратронов импульсы напряжения не поступают. Тиратроны остаются запертыми.

Следует учесть, что, применяя тиратроны, нельзя использовать схему с включением резервного тиратрона взамен любого из шести действующих, обычно применяемую при газотронных выпрямителях. Каждый из тиратронов имеет напряжение накала и сетки определённо сфазированное. Поэтому резервный тиратрон должен быть обязательно установлен на место снятого неисправного. В целях уменьшения времени технической остановки резервный тиратрон устанавливается в общем шкафу и прогревается током пониженной величины.

ГЛАВА V

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РТУТНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

V.1. Общие сведения

Высоковольтные ртутные выпрямители работают с очень малыми потерями. Коэффициент полезного действия установок с ртутными выпрямителями достигает 94—96%. Число часов горения при хорошем качестве ртути практически неограниченно велико. Это очень ценное качество ртутных выпрямителей и особенно для отдалённых радиостанций. Кроме того, внедрение металлических ртутных выпрямителей освобождает промышленность и транспорт от значительного объёма работ по изготовлению и перевозке стеклянных колб и газотронов.

Металлическим ртутным выпрямителям свойственны также и недостатки. Как правило, требуется установка двух выпрямителей — рабочего и резервного, так как для устранения неисправностей внутри колбы необходимо её вскрытие с последующей постепенной откачкой воздуха для восстановления вакуума. Вскрытие колбы выпрямителя и разбор её деталей должны осуществляться в условиях, обеспечивающих максимальную чистоту, так как малейшее загрязнение очень резко сказывается на последующей устойчивости работы выпрямителя. Для работы металлических ртутных выпрямителей необходимо непрерывное действие откачивающих агрегатов, создающих вакуум в колбе, и насосов, подающих охлаждающую воду. Работа с ртутью требует специально обученного персонала и строгого соблюдения правил техники безопасности во избежание случаев отравления.

Этими недостатками не обладают стеклянные ртутные выпрямители. Однако сложная форма стеклянной ртутной колбы, не могущей быть изготовленной машинным способом и наличие жидкой ртути, свободно переливающейся внутри колбы, влекло за собой частое её повреждение во время транспортировки и удорожало стоимость эксплуатации. Это яви-

лось причиной почти полного отказа от применения стеклянных колб в настоящее время.

Общий вид металлического ртутного выпрямителя показан на рис. V.1.

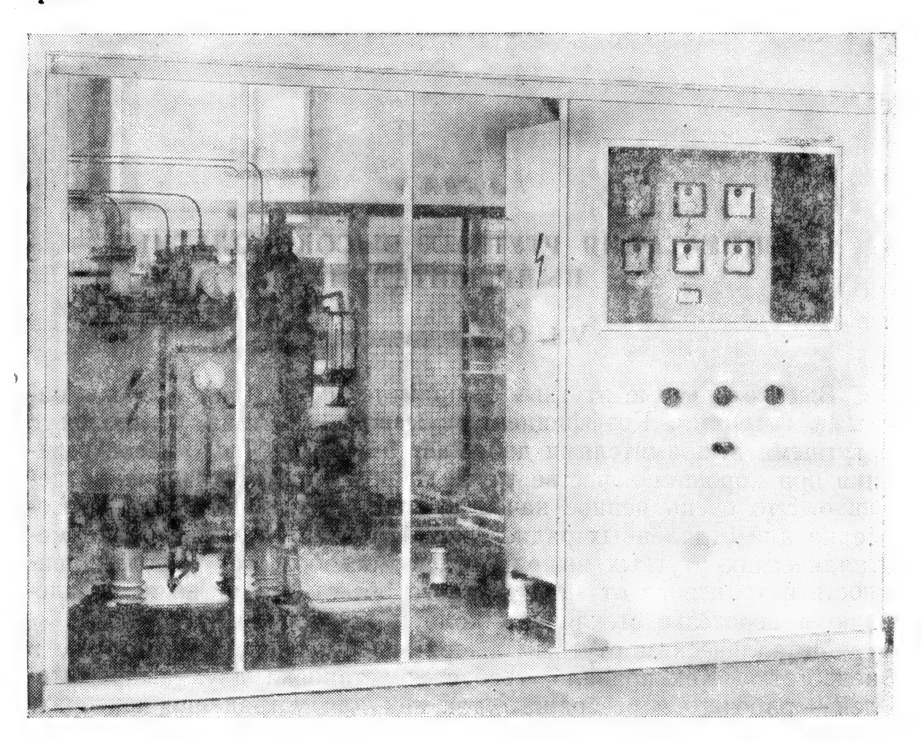


Рис. V.1. Общий вид металлического ртутного выпрямителя

V.2. Обратные зажигания в ртутных выпрямителях

Одним из серьёзных недостатков ртутных выпрямителей, как и всех ионных преобразователей, является возможность обратных зажиганий, в результате которых теряются выпрямительные свойства.

Обратный ток вызывается бомбардировкой анода положительными ионами, которые выбивают из него электроны. Это явление сопровождается распылением анода. Стенки баллона вокруг анода чернеют, покрываясь налётом распылённого вещества, отрицательно влияющего на работу выпрямителя. Если обратный ток растёт, увеличиваясь до более значительных величин, то пространство в выпрямителе быстро ионизируется и ток из тихого разряда переходит в дугу.

Причинами возникновения обратного зажигания являются:

1) повышение давления внутри выпрямителя вследствие перегрузки его рабочим током при недостаточном охлаждении,

2) наличие в выпрямителе посторонних газов,

3) перенапряжения в схеме,

4) недостаточная тщательность изготовления выпрямителя, загрязнение материала анода окисями щелочных металлов и т. п.

Реже причиной обратных зажиганий является осаждение на анодах или на стенках вокруг анода конденсированных капель ртути. Эти капли, падая на горячий анод или отрываясь от него, испаряются и вызывают местное увеличение давления, достаточное для возникновения обратного зажигания.

Обратное зажигание обычно не приносит ущерба, если аноды хорошо защищены быстродействующими автоматами.

Обратный ток растёт весьма быстро с увеличением давления паров ртути в выпрямителе. Поэтому основным правилом борьбы с обратным зажиганием является поддержание нормальной нагрузки выпрямителя и тщательное наблюдение за работой охлаждающих устройств.

Иногда обратное зажигание происходит внезапно при скачке напряжения в питающей сети.

Такие обратные зажигания ликвидируются обычно сами собой, ограничиваясь одной, двумя вспышками.

V.3. Эксплуатация металлических ртутных выпрямителей

Эксплуатация металлических ртутных выпрямителей имеет некоторые характерные особенности. Основными из них являются: необходимость поддержания непрерывного вакуума и охлаждения, периодическое вскрытие выпрямителей и последующий процесс формовки после перерыва в работе или ремонта. Для наблюдения за состоянием вакуума, за исправной работой системы водоохлаждения и вакуумных насосов выпрямитель снабжён необходимыми измерительными приборами и устройствами, сигнализирующими о возникающих неисправностях.

Вакуум в ртутных выпрямителях не должен быть более 0,1—0,2 микрон. По практическим наблюдениям работа высоковольтных ртутных выпрямителей при ухудшении вакуума до 1 микрона ещё возможна. При ухудшении вакуума до 2—12 микрон работа становится неустойчивой, а при 12 микронах и выше выпрямитель работать не может.

Для удовлетворения условий вакуума должен работать периодически форвакуумный масляный насос и непрерывно действовать ртутный насос.

Охлаждающая вода, поступающая к ртутному выпрямителю через запасный бак из артскважины, имеет температуру обычно около 7—10°. Если эта вода не успевает в баке согреваться до 15° и поступает к выпрямителю с более низкой температурой, то работа выпрямителя становится неустойчивой. С другой стороны, вода не должна иметь температуру больше 25°. Питание выпрямителя водой из открытых брызгальных бассейнов не удобно из-за резких изменений температуры зимой и летом. Поэтому необходимо так конструировать систему водоохлаждения, чтобы она обеспечивала подачу воды к ртутному выпрямителю с температурой на входе в пределах 15—25°. Это достигается подмешиванием тёплой воды в питающий бак. Тёплую воду при этом легче всего получить от охладителей внутреннего кольца водоохлаждения ламп. Повышение температуры воды выше нормы приводит к повышению давления внутри выпрямителя и к появлению обратных зажиганий. Температура на выходе должна быть в пределах 28—35°. Наиболее холодная температура должна быть у катода, более высокая — у верхней части колбы, где происходит конденсация ртутных паров, и наиболее высокая температура — у средней части колбы.

Из практики эксплуатации ртутных выпрямителей также известно, что нельзя повышать температуру колбы путём уменьшения количества проходящей воды. Это приводит к повышению перепада температур на отдельных участках системы охлаждения внутри баллона и сопровождается неровной работой выпрямителя.

Следует отметить, что более современные ртутные выпрямители менее восприимчивы к температурному режиму и часто осуществляются с местной циркуляцией воды: вода охлаждается в радиаторах, обдуваемых воздухом, которые установлены здесь же в камере вместе с ртутным выпрямителем.

В случае неустойчивой работы выпрямителя в первую очередь необходимо обратить внимание на улучшение температурного режима. Проверяется действие вентиляторов и температура охлаждающей воды. Если почему-либо вода не поступает, необходимо немедленно выключать печь подогрева ртутного насоса и закрыть вакуумный кран.

Пуск выпрямителя осуществляется в следующем порядке: проверяется вакуум, пускается охлаждающая вода в баллон (если ртутный насос имеет отдельную систему водоохлаждения), проверяется температура баллона, включаются зажигание и цепи защитных сеток, после чего выпрямитель готов для включения высокого напряжения, производимого обычно с пульта передатчика.

При работе выпрямителя под нагрузкой следят за работой всех вспомогательных агрегатов и за величиной анодного тока.

При остановке выпрямителя сначала снимают высокое напряжение, затем возбуждение и цепь зажигания. Систему водоохлаждения выключают не ранее, чем через 10—12 минут после остановки выпрямителя с тем, чтобы пары ртути не конденсировались на анодах.

Работа ртутного выпрямителя становится более устойчивой после длительной эксплуатации. Это объясняется улучшением вакуума. В первый период эксплуатации рекомендуется использовать выпрямитель на пониженной нагрузке, увеличивая её постепенно до нормальной.

Если при сборке выпрямителя была допущена небрежность и в баллон попала грязь, то выпрямитель работает неустойчиво и даёт частые обратные зажигания.

Причиной неустойчивой работы выпрямителя, кроме того, может быть неправильное действие системы водоохлаждения и ненормальная работа откачивающих устройств. При плохой работе форвакуумного насоса повышается давление в форвакуумном бачке. Работа парортутного насоса нарушается часто из-за перегрева и перегорания спирали электропечи вследствие плохой теплопередачи.

При появлении частых обратных зажиганий полезно проследить за работой выпрямителя по осциллографу. Момент перехода дуги с одного анода к другому связан с появлением паразитной генерации и с всплесками напряжения. Необходимо принять меры к уменьшению этих всплесков, резко снижающих напряжение при котором возникает обратное зажигание. Частота возникающих колебаний паразитной генерации, порядка 1000—3000 *гц*, определяется параметрами контура, образуемого ёмкостью и индуктивностью питающей сети, индуктивностью рассеивания обмоток трансформатора и ёмкостью между анодами. Для уменьшения паразитных колебаний между фазами вторичной обмотки трансформатора включают конденсатор и последовательно с ним сопротивление. Величина сопротивления берётся достаточно большой, чтобы не снижать кпд выпрямителя. Ёмкость должна в 2—4 раза превышать ёмкость рассеивания трансформатора. Подбор величин R и C может быть произведён экспериментальным путём по всплескам напряжения на экране осциллографа.

Полезно также соединить баллон выпрямителя с катодом через ёмкость, шунтированную сопротивлением. Это позволяет стечь зарядам, накапливающимся на корпусе выпрямителя и нарушающим его нормальную работу.

Фильтр ртутного выпрямителя всегда начинается с дросселя, а для уменьшения ёмкости на выходе выпрямителя осуществляется подвод выпрямленного напряжения к фильтру голой шиной. Замена шин кабелем допустима лишь при малой длине соединения.

В ртутном выпрямителе возможен резкий обрыв тока вследствие погасания пятна. При этом энергия, запасённая в магнитном поле обмоток анодного трансформатора, создаёт очень высокий потенциал на вводах трансформатора и выпрямителя. Для повышения устойчивости изоляции схемы анодный трансформатор монтируют вблизи ртутного выпрямителя, а соединение фаз вторичной обмотки с анодами выпрямителя осуществляют голыми шинами. Применение для этой цели высоковольтного кабеля нежелательно, так как в момент появления высокого потенциала возможен пробой кабеля. Отвод энергии производится через разрядники шарового или рогового типа, включённые последовательно с сопротивлениями параллельно каждой фазе. В условиях эксплуатации необходимо следить за состоянием разрядников и целостью сопротивлений, регулируя расстояние на допустимое перенапряжение и проводя чистку разрядника после каждого случая пробоя. Такими же разрядниками снабжаются и дроссели фильтра.

Весьма важен правильный выбор параметров фильтра. При неправильных значениях установленных ёмкостей и индуктивностей возможно появление больших перенапряжений и перетоков, особенно в моменты включения. Для уменьшения перетоков можно включать последовательно с индуктивностью активное сопротивление, вызывающее быстрое затухание колебаний и переход режима фильтра из колебательного в апериодический. Включение сопротивления значительно уменьшает вероятность появления обратных зажиганий, пробоев кабеля и обмоток трансформатора. Добавочное сопротивление через несколько секунд после включения может быть замкнуто накоротко.

В качестве временной меры на некоторых радиостанциях применяется последовательное включение газотронов в каждую анодную цепь ртутного выпрямителя. Это является надёжным средством борьбы с обратными зажиганиями, но естественно, оно не может быть рекомендовано для постоянного использования, так как связано с увеличением затрат на замену газотронов и на оплату электроэнергии для питания их катодов. Поэтому такое включение допустимо или при накоплении на радиостанции большого запаса неустойчиво работающих газотронов, или как временная мера на период формовки и первого периода эксплуатации ртутного выпрямителя после его вскрытия.

При очистке деталей ртутного выпрямителя чрезвычайно важно соблюдение правил вакуумной техники. Наблюдавшиеся в эксплуатации явления частых обратных зажиганий и неустойчивой работы выпрямителей в подавляющем большинстве случаев объясняются неправильными действиями персонала при разборке и формовке ртутных выпрямителей. Следует помнить, что очистку поверхностей вакуумных деталей нужно производить без при-

менения наждака, песка или наждачной и песочной бумаги. Основным видом чистки является обработка поверхности проволочной щёткой, быстро вращаемой электромотором; щётку насаживают на гибкий вал асинхронного двигателя, с числом оборотов 3000 в минуту.

Ни в коем случае не следует полировать деталей. Полировка сглаживает неровности на поверхности очищаемой детали, создавая на ней вредные плёнки, затрудняющие газоотделение при формовке ртутного выпрямителя и являющиеся одной из причин появления обратных зажиганий. Не следует также применять обдувание деталей сжатым воздухом, так как это может сопровождаться осаждением на них масляной пыли, заносимой из камер компрессора. Графитовые головки анодов нужно очищать обезжиренной ватой, снимая налёт и плёнку тщательно дезинфицированной бритвой.

В тех случаях, когда работа выпрямителя не налаживается, приходится прибегать к повторному вскрытию.

Перед вскрытием после выключения выпрямителя необходимо дать ему остыть в течение 12 часов. В аварийных случаях вскрытие производится не ранее чем через 1 час при условии непрерывного охлаждения выпрямителя и усиленной вентиляции помещения. Если вскрыть выпрямитель раньше, то горячие аноды окислятся и впитают газы, что сильно затруднит последующую откачку. Кроме того, пары ртути, вредные для здоровья, не успеют сконденсироваться. Впуск воздуха производят постепенно в течение не менее 10 минут. Должны быть приняты меры, чтобы воздух был достаточно сухим. Вскрытие ртутного насоса можно произвести не ранее, чем через 30 минут после отключения.

Персонал, вскрывающий выпрямитель, должен соблюдать абсолютную чистоту. Поверх одежды следует одеть белые халаты, на руки — резиновые перчатки, на голову — головной убор, место вокруг выпрямителя нужно хорошо очистить от пыли. Необходимый материал и инструмент должны быть тщательно промыты в авиационном бензине. Для чистки выпрямителя применяют чистый четырёххлористый углерод, чистое полотно, замшу и бумагу. Снимаемые детали нужно брать только чистой тряпкой или папиросной бумагой.

Снятые во время чистки баллона аноды и другие детали целесообразно хранить на специальных станочках. Станки и столы, используемые при разборке выпрямителя, должны быть покрыты стальным листом или гладким линолеумом и иметь борты и наклоны в одну сторону. В наиболее низком углу стола устанавливается воронка и сборник для ртути, заполняемый водой.

После вскрытия выпрямителя следует куском мягкого резинового шланга сбросить вниз к катоду капли ртути, приставшие

к анодам, стенкам и другим деталям. Баллоны выпрямителя, аноды и т. д. чистят стальными щётками, тщательно протирая их чистой бумагой. Фарфор, покрытый глазурью, чистят 5-процентным раствором соляной кислоты, после чего промывают высококачественным бензином.

При разборке выпрямителя необходимо следить, чтобы капли ртути не проливались на пол и столы. Для сбора ртути в нужных местах подстилают клеёнку.

При снятии анодов и других частей наносят риски, определяющие положение фланцев, и следят за правильностью установки снятых анодов. Если снимается только один анод, то образующееся после его снятия отверстие немедленно закрывается заглушкой. Высохшие прокладки при обратной сборке заменяют новыми.

Вылитая из катода ртуть сливается в герметически закрывающиеся сосуды. Перед обратной заливкой ртуть несколько раз фильтруется через замшу, полотно или фильтровальную бумагу, пока не приобретёт блестящего металлического цвета.

По окончании сборки выпрямителя и схемы промазывают все резиновые уплотнения по линии соприкосновения с фланцами тонким слоем лака № 324 (грантатора) и приступают к откачке.

Хорошо собранный выпрямитель должен сохранять вакуум после откачки. Для проверки степени натекания производят откачку до 0,1 микрона и закрывают вакуумный кран. Через 15 минут вновь измеряют вакуум. Умножая прирост на 4, получают натекание выпрямителя в час. Оно не должно превышать 0,8—1 микрона. При большем натекании необходимо проверить уплотнения. Получив достаточную герметичность, откачивают выпрямитель в течение 12 часов и приступают к формовке.

Формовка выпрямителя заключается в постепенном прогреве его током с тем, чтобы поглощённые газы, выделяясь, были откачены насосной группой.

Предварительно баллон подогревают до 20—25°, включая возбуждение при уменьшенном протоке воды. При этом наблюдают за вакуумом, не позволяя ему ухудшаться более чем до 1—3 микрон. Если это не удаётся, надо выключить возбуждение и продолжить откачку. После формовки током возбуждения подают на главные аноды низкое напряжение 220—380 *в* и нагружают выпрямитель на активное сопротивление (обычно жидкостный реостат с солевым раствором). Ток постепенно увеличивают до номинального, следя за сохранением выпрямителем устойчивого вакуума.

Удобно формовать выпрямитель медленным подъёмом напряжения, начиная с 70—100 *в*, при помощи потенциал-регулятора. Формовку ведут при повышенной против обычной темпера-

туре баллона (55—60°). К концу формовки температуру постепенно снижают.

Нельзя производить быстрого охлаждения, так как это увеличивает падение напряжения в баллоне и оплавление анодов, а также приводит к появлению обратных зажиганий.

По окончании формовки низким напряжением подают на аноды высокое напряжение, подключая анодный трансформатор. Выпрямитель нагружают до 60—100% и дают в конце формовки нагрузку толчками. Если анодный трансформатор имеет выводы обмоток для получения пониженного напряжения, следует использовать их, включая выпрямитель сначала на пониженное напряжение.

Формовка считается оконченной, если выпрямитель хорошо сохраняет вакуум и не возникают частые обратные зажигания.

Формовка выпрямителя продолжается ещё в процессе его работы в течение первых месяцев, при этом постепенно повышается устойчивость работы. Хорошо отформованный выпрямитель может работать несколько лет без вскрытия.

Если же выпрямитель начинает давать обратные зажигания или имеет неисправности в цепи зажигания, приходится прибегать к полному или частичному его вскрытию, проводя повторную откачку и формовку выпрямителя, занимающие 10—12 суток.

Ртутные выпрямители, недостаточно отформованные, дают частые обратные зажигания при перегрузках. Это объясняется повышенным нагревом анодов. При этом газы, сосредоточенные в глубине материала анода, способны, не имея возможности лёгкого выхода в пространство камеры, образовать микроскопические вздутия на поверхности анода. Эти вздутия являются местом сосредоточения потоков ионов. Повышенная вторичная эмиссия в таких местах приводит к местным повышенным давлениям. На аноде возникают искры, переходящие в катодное пятно; происходит обратное зажигание.

Не менее важное значение имеют также посторонние окислы, попадающие на анод и образующие на нём плёнки. Эти плёнки также являются причиной возникновения катодного пятна на аноде и обратных зажиганий.

V.4. Техника безопасности при обслуживании металлических ртутных выпрямителей

Применение на радиостанциях ртутных выпрямителей, периодически разбираемых и собираемых, требует точного соблюдения санитарных правил.

Помещение ртутных выпрямителей следует изолировать от других смежных зал. Стены, двери, окна должны быть гладкими, а углы и места стыков сделаны закруглёнными. Стены окраши-

ваются на всю высоту масляной краской на натуральной олифе. Полы покрываются металлическими плитками или хорошо железнённым бетоном. Под выпрямителями подстилается линолеум. Помещение должно отапливаться водяным отоплением с применением гладких, легко очищаемых калориферов. В помещении должна быть оборудована вытяжная вентиляция. Всякие лишние предметы, как, например, шкафы и мягкую мебель, из помещения выпрямителей следует убрать.

Для сборки и разборки выпрямителей должно быть выделено отдельное помещение.

Периодически необходимо проверять концентрацию ртутных паров в помещениях радиостанции. Концентрация не должна превышать 10^{-5} миллиграмм на один литр воздуха в рабочей зоне производственных помещений. В случае превышения этой нормы необходимо снабдить выхлопы откачечных насосов фильтрами-уловителями ртути и приступить к удалению ртути, проникшей в трещины пола, в каналы и т. д.

Работа по вскрытию выпрямителей должна производиться обученным персоналом, одетым в комбинезоны или белые халаты из плотной ткани, не имеющие карманов. Для переноса деталей следует одевать перчатки или рукавицы и резиновые сапоги.

Пролитую случайно ртуть немедленно и тщательно собирают при помощи резиновой груши или пылесоса, а для смывания ртути пользуются раствором соляной кислоты и марганцевокислого калия светлорозового цвета (на литр раствора марганцевокислого калия — десять капель соляной кислоты). Этим же раствором периодически протирают полы и стены помещения выпрямителей. Во время уборки следует всегда включать вентиляцию.

Курение, хранение и принятие пищи и воды в помещениях выпрямителей категорически запрещается. Перед едой работники, обслуживающие ртутный выпрямитель, должны снять спецодежду, вымыть руки тёплой водой с мылом и щёткой и прополоскать рот слабым раствором марганцевокислого калия. Спецодежда должна храниться в шкафах и её нельзя уносить домой.

Весь персонал, соприкасающийся с ртутными выпрямителями, должен один раз в год проходить медицинский осмотр.

ГЛАВА VI

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ С КВАРЦЕВОЙ СТАБИЛИЗАЦИЕЙ

VI.1. Общие сведения

Подавляющее большинство задающих генераторов стабилизированы кварцевыми стабилизаторами. Передатчики, работающие с самовозбуждением и не имеющие параметрических генераторов, являются исключением и применяются только в случаях выхода из строя кварцевого генератора.

Стабильность частоты передатчика определяется отношением:

$$\frac{\Delta f}{f}$$

или в процентах:

$$\frac{\Delta f}{f} \cdot 100\%,$$

где Δf — отклонение частоты от её номинального значения, вызванное суммарным действием различных причин, в том числе и неточностью эталонировки, а f — номинальная частота, присвоенная данному передатчику.

Для средневолновых станций радиовещания действующие нормы требуют сохранения частоты с точностью до $\pm$10—20 *гц*. Таким образом, стабильность частоты может изменяться в пределах: $1{,}5 \cdot 10^{-5}$ для 150 *кгц* и до $1{,}5 \cdot 10^{-6}$ для 1 500 *кгц*. Практически основные вещательные станции работают со стабильностью частоты, значительно превышающей установленную. Для вещательных коротковолновых станций установлена норма:

в диапазоне до 4000 *кгц* — $5 \cdot 10^{-5}$; в диапазоне выше 4 000 *кгц* — $3 \cdot 10^{-5}$.

Для связных передатчиков:

в диапазоне 10—50 *кгц* — 10^{-3}; в диапазоне 50—535 *кгц* — $2 \cdot 10^{-4}$;

в диапазоне 1 600—4 000 *кгц*, при мощности больше 200 *вт* — $5 \cdot 10^{-5}$ и при мощности меньше 200 *вт* — 10^{-4};

в диапазоне 4000 *кгц* и выше, при мощности больше 500 *вт* — $3 \cdot 10^{-5}$ и при мощности меньше 500 *вт* — 10^{-4}.

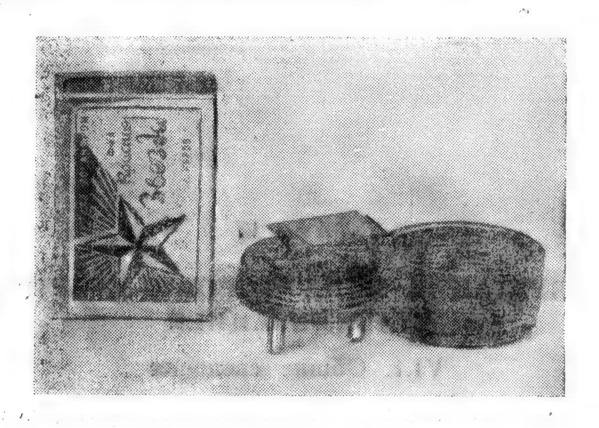


Рис. VI.1. Кварцедержатель (рядом для сравнения размеров показана спичечная коробка)

Для получения столь высокой стабильности частоты применяются кварцевые кристаллы, помещаемые в кварцедержатель. На рис. VI.1 изображён один из типов кварцедержателей. Этот, и многие другие, применяемые до сих пор кварцедержатели, обладают рядом серьёзных недостатков и поэтому постепенно заменяются более совершенными кварцедержателями.

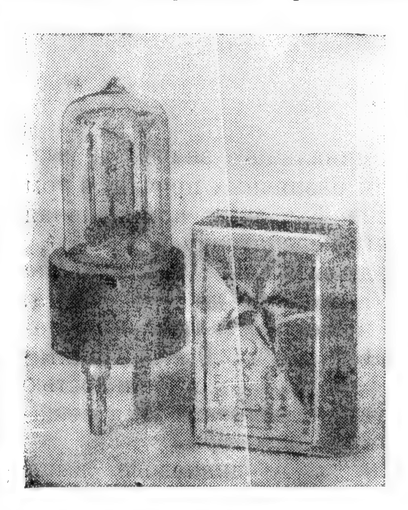


Рис. VI.2. Кварцедержатель для металлизированного кварца

В современных держателях применяют металлизированные кварцы. Для этого вырезанную пластинку покрывают с двух сторон тонким слоем алюминия или серебра толщиной в $5 \cdot 10^{-4}$ *мм*. Металлизированный кварц крепится в держателе, показанном на рис. VI.2.

Для предохранения кварцевой пластины от пыли и сырости держатель помещают в стеклянный баллон, из которого откачивают воздух; иногда заполняют баллон азотом под давлением в 0,8 атмосферы.

VI.2. Термостаты

Стабильность частоты кварца в сильной степени зависит от постоянства температуры. Для уменьшения влияния температуры кварц, а иногда и всю схему лампового генератора, помещают в термостат, в котором поддерживается постоянная температура с той или иной степенью точности.

В связи с освоением новых срезов кварцевых пластин температурный коэффициент хороших кварцев имеет небольшую величину. Однако, как уже сказано выше, в ряде случаев на радиостанциях применяют термостаты. Так, например,возбудитель типа ВКВ-Т, имеющий стабильность частоты порядка $\pm 3 \cdot 10^{-6}$, снабжён термостатом, регулирующим температуру в пределах 1—2°Ц. Это сделано в целях применения не слишком дорогих кварцевых пластин, имеющих температурный коэффициент порядка 10^{-6} на градус. Термостаты применяются также и в возбудителях мощных коротковолновых станций.

При термостатировании большое внимание уделяют режиму генератора и конструкции держателя с тем, чтобы обеспечить быструю передачу тепла от кварцевой пластины в атмосферу термостата.

Термостат обычно представляет собой цилиндрический или прямоугольный ящик, стенки которого имеют несколько слоёв. Термостат для возбудителя ВКВ-Т состоит из толстостенного медного стакана с большой теплоёмкостью. Это обеспечивает достаточное сглаживание колебаний температуры, создаваемсе терморегулятором при включении и отключении подогрева.

Значение температурного коэффициента кварца не является постоянным. Оно изменяется с изменением температуры, как показано на рис. VI.3. Температурный коэффициент сначала увеличивается, далее кривая становится более пологой, здесь изменения коэффициента невелики, далее они вновь изменяются более резко.

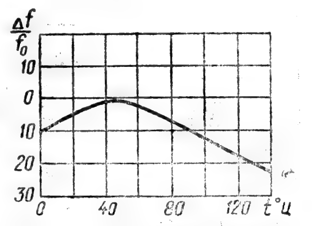


Рис. VI.3. Зависимость температурного коэффициента кварца от температуры

Поэтому температура термостата выбирается, исходя из двух положений: она должна несколько превышать окружающую температуру помещения и обеспечивать минимальный температурный коэффициент кварца. Кварц в термостате работает обычно при температуре 40—50°.

Мало активные кварцы колеблются только в некоторых определённых пределах изменения температуры. Кварц, изготовленный для работы в термостате при определённой температуре,

может плохо работать или совершенно не работать при другой температуре.

При заказе пластинок кварца следует указывать, применяется ли термостат и при какой температуре должен работать кварц.

Постоянная температура внутри термостата поддерживается при помощи терморегуляторов. Они применяются двух типов — в виде ртутного замыкателя или в виде биметаллического регулятора.

Стабильность частоты кварцевого генератора зависит также от колебаний источников питания и от изменения нагрузки генератора. Поэтому кварцевые возбудители снабжаются автоматическими регуляторами напряжения питания, с использованием стабиловольтов и бареттеров или других типов стабилизаторов. У передатчиков, имеющих шины стабильного напряжения, питание кварцевых генераторов и маломощных ступеней осуществляется от этих шин.

Для устранения влияния последующих ступеней после кварцевого генератора применяется буферная ступень, котрая обычно составляет одно общее с генератором.

VI.3. Схемы кварцевых генераторов

Кварцевая пластина по своему действию подобна электрической цепи, показанной на рис. VI.4. Левая ветвь состоит из последовательно включённых ёмкости $C_к$, индуктивности $L_к$ и сопротивления $r_к$; правая — из ёмкости C_0. Ёмкость C_0 увеличивается дополнительно за счёт ёмкости, образуемой монтажем кварцедержателя.

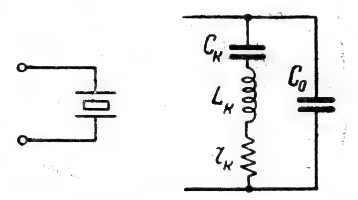


Рис. VI.4. Эквивалентная схема кварцевой пластины

Средний порядок величины $C_к$ исчисляется в долях микромикрофарад, $L_к$ — в сотых долях генри, $r_к$ — в единицах ом, C_0 — в десятках микромикрофарад.

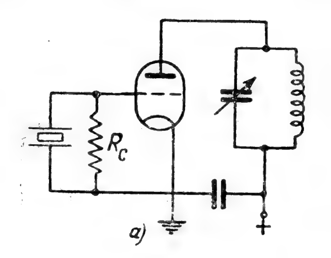
Кварцевая пластинка эквивалентна контуру с очень высокой добротностью порядка сотен тысяч ом и очень малым затуханием. Собственная частота контура с учётом ёмкости C_0 определяется выражением:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L_к \frac{G_к C_0}{C_к + C_0}}}.$$

При подключении параллельно держателю вспомогательного конденсатора, ёмкость увеличивается, а частота контура умень-

шается, чем и пользуются для корректирования частоты возбудителя.

Схемы применения кварца, используемые на предприятиях радиосвязи и радиовещания, разделяются по принципу включения кварца и по режиму его использования. Кварц может быть вклю-



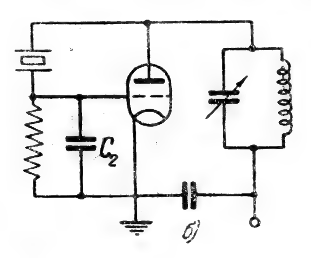


Рис. VI.5. Схемы включения кварца

чён между сеткой и катодом (рис. VI.5*а*) или между сеткой и анодом (рис. VI.5*б*).

На первой схеме активное сопротивление R_c выбирается таким, чтобы оно, увеличивая затухание цепи, не шунтировало заметно кварца. Однако, если взять его излишне большим, то уменьшится угол отсечки анодного тока и уменьшится амплитуда напряжения на сетке. В ранних схемах встречается включение последовательно с сопротивлением дросселей. Этого следует избегать, так как дроссель может вызвать самовозбуждение схемы помимо кристалла.

На рис. VI.6 приведена схема с затягиванием. В этой схеме самовозбуждение генератора создаётся не только кварцем и вполне возможен произвольный переход работы генератора в режим самовозбуждения.

На рис. VI.7 приведены три часто встречающиеся схемы возбудителей. Первая (а) и вторая (б) различаются между собой типом ламп. В первой работает триод, во второй — пентод. Кварц в обеих схемах включён между сеткой и катодом лампы. В схеме рис. VI.7*в* в состав генератора входят катод, управляющая и экранирующая сетки. Связь с анодной цепью осуществляется через электронный поток. Анодный контур может быть настроен как на основную частоту, так и на её гармонику. Схема позволяет получить мощность порядка 10—15 *вт* при сравнительно небольших нагрузках на кварц. В конструктивном отношении схема более сложна и требует хоро-

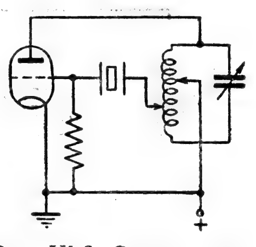


Рис. VI.6. Схема с затягиванием

шей экранировки между отдельными цепями для устранения нежелательных связей.

Схема кварцевого генератора, широко применяемая в коротковолновых передатчиках, приведена на рис. VI.8. Кварц включён

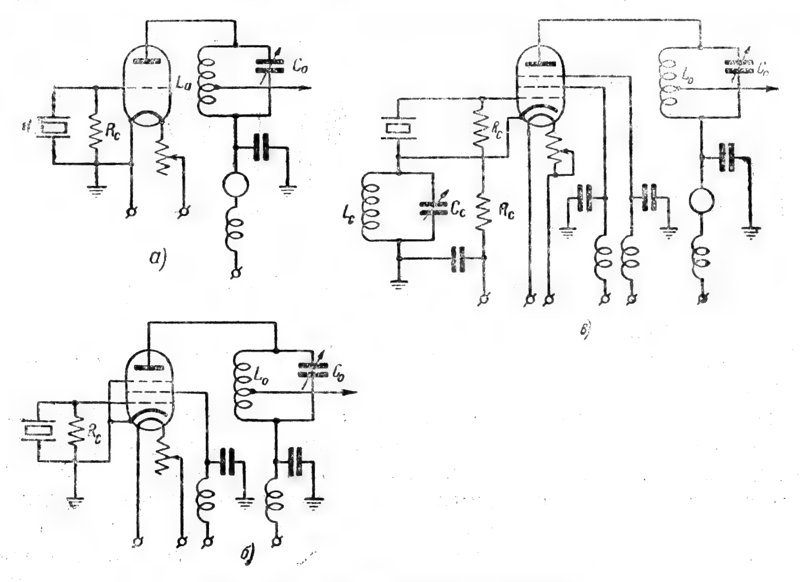


Рис. VI.7. Схемы возбудителей

между управляющей и экранирующей сетками лампы типа 6Ф6 или Г-411. Генерирование колебаний происходит на первых трёх электродах лампы за счёт реактивных сопротивлений междуэлектродных ёмкостей C_c и C_{c2}, шунтированных сопротивлениями R_{c2} и R_{c1}. Колебания возникают без перестройки элементов цепи самовозбуждения. Это обстоятельство облегчает настройку генератора и обеспечивает отсутствие скачков частоты вследствие неправильной установки рабочей точки на кривой настройки генератора. Выходной контур в анодной цепи связан с цепью генератора через электронный поток и настраивается по желанию на основную частоту или на одну из гармоник. Настройка контура производится по минимуму анодного тока. Влияние настройки

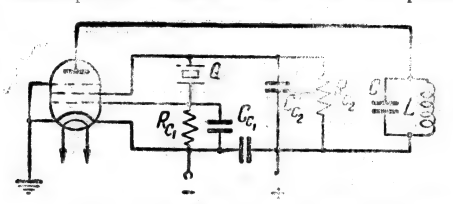


Рис. VI.8. Схема коротковолнового кварцевого генератора

контура на генерируемую частоту мало при условии, что R_{oe} контура соответствует недонапряжённому режиму.

Полная схема возбудителя показана на рис. VI.9. Переключатель служит для смены кварцев или перехода на самовозбуж-

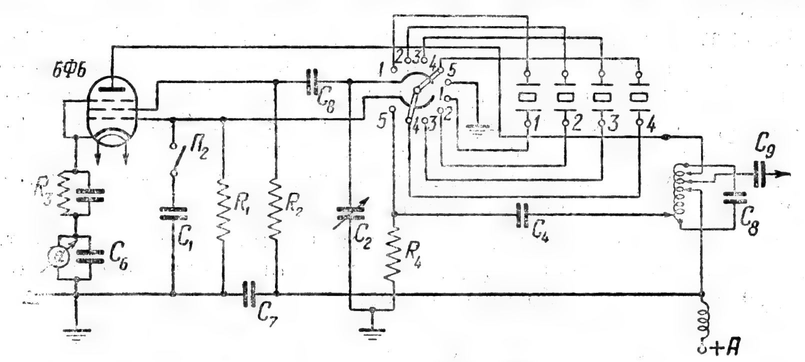


Рис. VI.9. Полная схема возбудителя

дение. Если температурный коэффициент частоты кварца равен $1{,}5 \cdot 10^{-6}$, то при изменении температуры на $\pm$ 20°Ц кварц сохраняет частоту с точностью до $3 \cdot 10^{-5}$, а возбудитель в целом до $5 \cdot 10^{-5}$. Выходная мощность генератора при лампе 6Ф6 составляет 2 *вт* и при лампе Г-411 около 10 *вт*.

Ещё более удобна схема возбудителя, приведённая на рис. VI.10. Она аналогична предыдущей схеме, но не имеет настраиваемых элементов, что значительно облегчает установку и поддержание эксплуатационного режима. Конденсаторы C, C_1 и C_2 подобраны так, чтобы схема была пригодна в определённом диапазоне для применения кварцев на различные частоты.

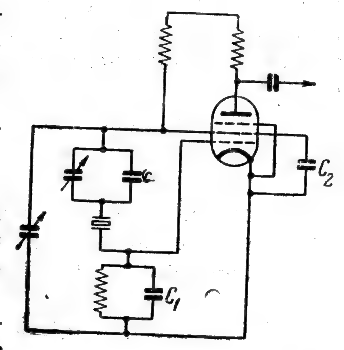


Рис. VI.10. Улучшенная схема возбудителя

Необходимость частой перестройки коротковолновых передатчиков в течение суток при сохранении высоких требований к стабильности частоты заставляет снабжать каждый передатчик несколькими возбудителями. Это удорожает стоимость оборудования. Поэтому были разработаны и внедрены в эксплуатацию диапазонные возбудители, обладающие достаточно высокой стабильностью. Образцом такого возбудителя является возбудитель типа ВЧД-100. Схема его содержит два

генератора: в одном применена кварцевая стабилизация, а во втором используется параметрическая стабилизация. Для перекрытия рабочего диапазона возбудитель имеет девять кварцев в общем термостате, подключаемых к схеме с помощью переключателя.

Генератор с кварцевой стабилизацией собран по трёхточечной схеме с электронной связью. Генератор с параметрической стабилизацией собран по транзитронной схеме с контуром, включённым между защитной сеткой и землёй. Высокая стабильность этого генератора обеспечивается применением высококачественных деталей в контуре с компенсацией температурных влияний; контур генератора располагается в термостате.

Плавный диапазон частот получается путём смешения частоты кварцевого генератора ($f_{кв \cdot ген}$) с частотами параметрического ($f_{пар \cdot ген}$) и выделения боковых полос:

$$(f_{кв \cdot ген} + f_{пар \cdot ген}) \text{ и } (f_{кв \cdot ген} - f_{пар \cdot ген}).$$

Параметрический генератор имеет диапазон 200—400 *кгц*. Подключая к кварцевому генератору поочерёдно один из девяти кварцев и изменяя плавно частоту параметрического генератора, получают плавное перекрытие всего требуемого диапазона. Для контроля частоты параметрического генератора в возбудителе имеется третий генератор, стабилизированный кварцем. Сравнивая частоту параметрического генератора с частотой контрольного, можно внести необходимую коррекцию при помощи подстроечного конденсатора.

VI.4. Основные особенности эксплуатации кварцевых генераторов

На кварцевые стабилизаторы предъявляются следующие технические требования: кварцевые пластины должны обладать установленным температурным коэффициентом, иметь ровную чистую поверхность, однообразно просвечивающуюся, без местных мутных пятен, пузырьков или кристаллических образований в виде игл.

Кварцевый стабилизатор испытывается в той схеме и в том режиме, в которых он предназначен работать. В обусловленном диапазоне изменения температур выходная мощность стабилизатора не должна падать ниже 80% установленной мощности. Кварцы должны обладать одноволнистостью: паразитное колебание, возникающее в кварцевом генераторе, обнаруживается по второму резкому спаданию анодного тока генератора. Оно существует одновременно с колебаниями кварца на основной частоте.

Многоволнистость представляет генерацию одной или нескольких частот, появляющихся при изменении настройки генератора в пределах $\pm$ 50% от заданной частоты.

При заказе кварца необходимо указывать его номинальную частоту. При использовании в передатчике ступеней умножения частоты номинальная частота кварца отличается от рабочей частоты передатчика. Необходимо указать рабочую температуру термостата или отметить его отсутствие, а также тип держателя. Это позволит заводу-изготовителю эталонировать кварц в условиях, приближающихся к условиям его действительной работы.

Конечно, в данном случае частота кварца не будет вполне точной, так как она определяется не только электрической схемой генератора, но и выполнением монтажа, расположением деталей, длиной соединительных проводов, распределённой ёмкостью схемы и т. д.

Получив кварц с завода, необходимо приступить к установлению правильности его номинала. Для этого используются контрольные пункты, снабжённые необходимой измерительной аппаратурой. Контрольный пункт по запросу радиоцентра производит измерение частоты и указывает отклонение.

Если кварц работает при надлежащей температуре, в надлежащем режиме и измеренное отклонение невелико, то частоту возбудителя можно в некоторых пределах (до 0,02%) подкорректировать. Для этой цели в схеме возбудителя предусматривается возможность подключения параллельно и последовательно к кварцевой пластине корректирующих переменных конденсаторов с максимальной ёмкостью около 50 *мкмкф* для параллельного и 250 *мкмкф* для последовательного включения (рис. VI.11).

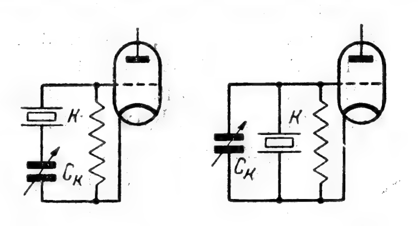


Рис. VI.11. Схема возбудителя с коррекцией

Последовательное включение конденсатора повышает частоту; параллельное включение ёмкости понижает её. Включение конденсаторов не должно резко сказываться на изменении тока в контуре возбудителя. Качество конденсатора должно обеспечивать сохранение им величины установленной ёмкости. Для определения величины ёмкости конденсатор должен быть снабжён шкалой с делениями. Производя последовательно ряд контрольных измерений частоты, можно точно установить её на номинал. В целях ускорения установления на номинал рекомендуется договориться с контрольным пунктом о точном времени производства

измерений и выполнить их в три приёма, меняя через 15 минут значение включаемой ёмкости. Это даст сразу три точки для кривой изменения частоты. Кварцы, имеющие большое отклонение от номинала, следует возвратить обратно заводу-изготовителю с приложением акта испытаний.

Установленный на номинал возбудитель в дальнейшем эксплуатируют, стремясь постоянно обеспечить сохранение установленного режима. В коротковолновых передатчиках, у которых, как правило, в разное время суток и сезонов года используются различные частоты, следует по возможности иметь кварцевые генераторы по числу частот. Это обеспечит высокую стабильность работы. У передатчиков, не имеющих отдельных возбудителей, можно определить необходимые положения для переменного конденсатора, для каждой из частот и устанавливать их при перестройках.

Запасные и рабочие кварцы сохраняются в специальном шкафу. Там, где число передатчиков велико, удобно изготовить неглубокий шкафчик, имеющий число полок по числу передатчиков. В полках просверливаются отверстия для ножек держателя и кварцы размещаются в один ряд в порядке возрастания частоты. Шкаф устанавливается в сухом месте.

На все полученные кварцы заводится книга учёта, в которой отмечается дата получения кварца, данные его проверки и т. д.

Для удобства эксплуатации кварцев желательно обеспечить возможность взаимозаменяемости кварцевых генераторов. В этом случае нужный кварцевый генератор переносится из одного передатчика в другой (например, при подмене передатчика из-за проведения осмотров, ремонта и т. д.). На некоторых крупных радиоцентрах возбудители всех передатчиков сконцентрированы в одном помещении. Там же установлена необходимая измерительная аппаратура. Каждый передатчик соединён с контрольной комнатой двумя высокочастотными кабелями. По одному из них на передатчик поступает требуемая по расписанию частота возбуждения, по второму кабелю часть высокочастотной энергии с выхода данного передатчика или с контрольного индикатора, установленного на антенном поле, возвращается обратно для контроля. Установка обеспечивает постоянный контроль частоты, возможность лёгкой замены одного передатчика другим с сохранением стабильности частоты, а также решение и более сложных задач, как например, возбуждение от одного возбудителя нескольких передатчиков для сложения их мощности.

В процессе эксплуатации на каждом радиоцентре ведётся контроль за каждым из возбудителей. Стабильность частоты контролируется по месячным сводкам. В случае заметного отклонения с постоянным знаком принимаются меры для коррекции частоты. О значительном уходе частоты пункт контроля немедлен-

но сообщает администрации радиоцентра и последняя принимает срочные меры для установки возбудителя на номинал.

Кварцевая пластина может работать неопределённо долгое время, если она не подвергается перегрузке. При перегрузке проходящий через кристалл ток разогревает его и может вызвать потерю им пьезоэлектрических свойств. При большой амплитуде колебаний пластинка испытывает сильное напряжение и может расколоться.

Внешним признаком неправильного режима кварца в держателях старого типа служит искрение между электродом и кристаллом, наблюдаемое при больших напряжениях, и нагрев пластинки после непродолжительной работы кварца. Искрение может быть также обнаружено по дрожанию стрелок приборов, включённых в цепи генератора.

Для кварцев, помещённых в держатели нового типа в вакууме, необходимо строго соблюдать установленные электрические режимы.

У некоторых кварцев наблюдается старение, заключающееся в том, что частота их со временем уходит от номинала в сторону уменьшения. Это явление зависит от многих обстоятельств, но в основном объясняется несовершенством технологии. Способность к старению устраняется при изготовлении кварца травлением его плавиковой кислотой и покрытием поверхности пластины слоем серебра. Это предохраняет поверхность кварца от загрязнения, обеспечивая постоянство его работы.

В случае неустойчивой работы кварцев в новых вакуумных держателях их нужно возвращать заводу-изготовителю. Работу кварцевых пластин в разборных держателях можно улучшить, промывая их время от времени с помощью зубной щётки в тёплой воде с мылом. Перед обратной установкой в держатель пластину нужно тщательно высушить, так как сырость отражается на работе кварца.

Активность кварцевой пластины зависит также от положения её в держателе. Неплотный контакт пластины с электродом вследствие плохой шлифовки её и электродов, неудачное закрепление пластины в держателе, нарушение параллельности всех граней и т. д. значительно ухудшает работу пластины.

В настоящее время, как правило, все операции с пластинами совершаются на заводах-изготовителях, и кварцы поступают на радиостанцию в держателях, опечатанных пломбой. Вскрывать печати не разрешается. Это вызвано тем, что современные нормы стабильности частоты требуют для подгонки кварцев не только большого опыта, но и специальных станков и абразивных материалов.

ГЛАВА VII

РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА РАДИОЦЕНТРА

VII. 1. Общие замечания

Ввод в действие радиоцентра требует проведения большого количества разнообразных работ по налаживанию и регулировке оборудования. Обычно по завершении основных элементов строительства и монтажа можно приступать к предварительной регулировке отдельных частей радиоцентра. В целях скорейшего ввода в эксплуатацию радиоцентров в СССР принят совмещённый график ведения строительных, монтажных и частично регулировочных работ. Этот метод успешно применяется на строительствах, но, конечно, требует от регулировщиков большого умения, а от руководства строительством хорошо продуманной последовательности проведения работ, так как случайное их совмещение создаёт дезорганизацию и может привести к несчастным случаям.

Руководство строительством должно обеспечить радиоцентр к моменту начала регулировочных работ электроэнергией и водой; основные отделочные работы должны быть закончены.

В первую очередь производятся монтаж понизительной и распределительной подстанций, регулировка и испытание систем электрической защиты и сдача после этого энергетического хозяйства энергоснабжающей организации.

Следует отметить важность заблаговременной приёмки оборудования питающей и распределительной электроподстанций. При регулировочных работах всегда возможны случаи коротких замыканий. Поэтому релейная защита всех трансформаторов и питающей линии должна быть точно отрегулирована и включена в действие. Это обеспечит сохранность оборудования и быструю ликвидацию возникших неисправностей, резко ограничит участок повреждения одним трансформатором, не распространяя его на всю подстанцию, и не приостановит, таким образом, работы всего строительства.

Не менее важным и обязательным является проверка и безупречная работа органов управления включением и выключением отдельных частей распределительной сети, испытание масла в аппаратуре и обеспечение необходимой техники безопасности.

Камеры должны иметь замки, на подстанции должен быть заведён нормальный эксплуатационный порядок. Любые, даже самые небольшие работы на подстанции после того, как она включена под напряжение, должны производиться только в соответствии с правилами техники безопасности.

Параллельно с подготовкой энергохозяйства следует подготавливать весь комплекс водоснабжения и водоохлаждающей системы. По мере окончания монтажа отдельных участков системы они подвергаются испытанию. Важно заблаговременно установить электродистиллятор и баки для приёмки дистиллированной воды. Это позволит залить систему внутреннего кольца водоохлаждения сразу после её промывки дистиллированной водой.

Пуск системы охлаждения на недистиллированной воде приводит к засорению системы отложениями накипи и вызывает большие простои регулировочных работ из-за необходимости очистки системы. Применение недистиллированной воды ведёт также к быстрой коррозии ламповых бачков и к повышенной утечке тока, так как изолирующие стенды не рассчитаны на малое сопротивление воды. Кроме того, если в схеме применены сопротивления, охлаждаемые водой, они изменят свои параметры при последующем переходе к дистиллированной воде и потребуется повторная регулировка режима передатчика. Большое значение для успешного проведения регулировочных работ имеет хорошо продуманная и тщательно выполненная система заземления. Если она неправильно выполнена или незакончена монтажем, то при регулировке могут иметь место большие недоразумения, вызывающие неустойчивую работу передатчика и антенны.

Следует ясно представлять путь высокочастотного тока к земле. Этот путь должен иметь минимальное сопротивление и минимальную индуктивность. Поэтому все высокочастотные ступени передатчика, имеющие по схеме заземляемую нулевую точку, должны быть присоединены к общей шине заземления проводами минимальной длины и достаточного сечения. Предпочтительнее вести заземление плоской широкой медной полосой, проложенной внутри каркасов вдоль передатчика. Это обеспечивает малую индуктивность соединительных проводов для токов высокой частоты и уменьшает падение напряжения на отдельных участках сети. Соединение собирательных шин с землёй должно производиться вблизи мощных ступеней с тем, чтобы большие токи не протекали возле маломощных ступеней и не вступали с ними во взаимодействие. Все соединительные провода должны присоединяться к сборной шине непосредственно, а не через кар-

кас передатчика или через другие вспомогательные виды заземления: трубы охлаждения, броню кабеля и т. д.

При симметричных схемах ламповых ступеней всегда следует помнить, что полной симметрии достичь трудно из-за различной ёмкости деталей контура по отношению к земле и из-за неидентичности ламп. Поэтому возникают непредвиденные токи. Некоторые из них, являющиеся следствием паразитной ёмкости между деталями контура и обшивкой шкафа, создают на шкафах потенциалы, которые отводятся присоединением шкафов к проходящей вдоль передатчика заземляющей ленте. Токи, возникающие из-за неидентичности ламп, также должны иметь кратчайший путь к сборной шине.

Не следует забывать и о возможном возникновении в симметричных схемах однотактной волны из-за неравенства связей и других причин. Очевидно, что для однотактной волны должен быть также предусмотрен путь к заземлению с минимальным сопротивлением.

К сборной шине передатчика подводится сборная шина заземления колебательных контуров. Обе шины кратчайшим путём соединяются с системой наружного высокочастотного заземления.

Тракт низкой частоты: оконечный усилитель, оболочка соединительных кабелей и ступени усиления модулятора должны быть тщательно заземлены. Заземление низкочастотных ступеней усиления может быть выполнено из стальных полос, составляющих единую систему заземления. Расположение заземляющих проводов должно быть таково, чтобы токи, протекающие по ним, не воздействовали на цепи предварительных ступеней усиления.

Здесь, так же, как и в схеме высокочастотного заземления, следует осуществлять подключение заземления к сборной шине со стороны мощных ступеней с тем, чтобы ограничить путь тока. Должно быть уделено внимание заземляющим цепям по постоянному току высокого напряжения: отрицательный полюс должен иметь надёжное соединение с надлежащими точками схемы передатчика, цепь — замкнута по кратчайшему расстоянию. Часть постоянного тока проходит по водяному стенду через охлаждающую воду к земле. Этому току должен быть обеспечен обратный путь к выпрямителю, иначе появятся блуждающие токи и, как следствие этого, разъедание труб и оболочек кабелей.

Большое внимание следует уделять вопросам заземления при передаче высокочастотной энергии от передатчика к антенне. В средневолновых передатчиках соединение их с антенной производится или непосредственно, или через несимметричный фидер. В первом случае центр общего наружного заземления должен быть расположен у места ввода снижения антенны в техническое здание. Сборная шина внутреннего заземления также подводится к месту ввода. Если ввод осуществлён через железобе-

тонное перекрытие, возможен нагрев бетона токами высокой частоты. Необходимо заэкранировать арматуру перекрытия, обложив место вокруг ввода металлическими листами, соединёнными с общим заземлением.

Аналогично следует поступить, если ввод осуществляется через стену и в окружающих металлических частях и проводах возможно образование замкнутых витков, в которых индуктируются большие токи. Поэтому металлические рамы вблизи ввода должны быть заземлены, а если нагрев не устраняется, то и разрезаны в одном месте поперёк, для разрыва пути току.

Если питание антенны производится по несимметричному фидеру, состоящему из центрального проводника и экрана, то экран должен заземляться по всей длине через равные промежутки. Для этой цели вдоль фидера в земле прокладывается заземляющий провод или шина. Экран на концах фидера подсоединяется к заземлению технического здания и антенного павильона.

Общеизвестны случаи больших потерь энергии в средневолновых антенных системах из-за неудовлетворительного заземления в антенных павильонах. Опыт показал, что оборудование антенного павильона должно иметь надёжное и симметричное заземление, так как токи к снижению антенны подходят со всех сторон.

На одной из радиостанций заземление в антенном павильоне было выполнено четырьмя шинами, пропущенными через стены здания по одной с каждой стороны и присоединёнными к общему сборному кольцу заземления. При работе выяснилось, что арматура, заложенная в бетон пола, сильно нагревалась.

Число шин, радиально выведенных из здания, было увеличено. Внутри павильона шины были доведены до центра помещения, и соединены вместе. После этого нагрев арматуры уже не наблюдался. При строительстве подобных сооружений целесообразно или экранировать здание, или при кладке стен, заделывать в стены по периметру медные листы. К выступающим краям этих листов подсоединяют системы внутреннего и внешнего заземления.

На рис. VII.1 показано подключение к сборному кольцу заземления металлического экрана и радиально расходящихся лучей, в случае полного экранирования павильона. Металлические башни и мачты, не изолированные от земли, должны быть также надёжно подключены к общему заземлению, так как, например, мачта, закреплённая у основания к закладным частям фундамента, не является заземлённой и несёт заметный потенциал. Для осуществления надёжного заземления в этих случаях необходимо соединить проводом вместе все закладные части, выступающие из фундамента, и затем соединить их с общим заземлением. Если наблюдается нагрев фундамента, нужно покрыть место нагрева металлическими листами и заземлить их.

7*

До начала работ по регулировке передатчика следует произвести измерения антенной системы, определив её параметры. Эти измерения проводятся при помощи лабораторного генератора и достаточно чувствительной измерительной аппаратуры.

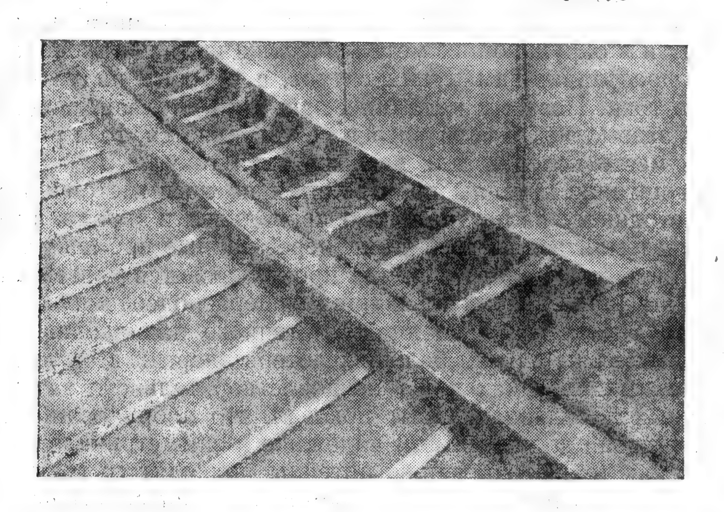


Рис. VII.1. Соединение заземления с металлическим экраном

По мере окончания монтажа можно проводить работы по предварительной проверке и испытанию отдельных смонтированных участков.

Проверяют защитное и рабочее заземления с измерением их сопротивления. Проверяют обеспечение необходимых мер по технике безопасности. Градуируют измерительные приборы. Подготавливают комплект рабочих и резервных ламп и устанавливают их на место, и, если возможно, тренируют их. Налаживают и проверяют действие сигнализации и блокировки. Испытывают напор и плотность соединений водяной системы. Включают цепи накала ламп и проверяют действие регуляторов напряжения.

После окончания предварительных регулировок приступают к настройке всей радиотехнической части.

VII.2. Организация работ по настройке передатчиков

Перед включением высокого напряжения руководитель настройки должен лично обойти все помещения с аппаратурой, закрыть те из них, которые этого требуют, согласно установленным правилам и взять с собой ключи. Кроме того, нужно проверить, не осталось ли где-либо случайно забытых проводников, инструмента и других посторонних предметов. Должна быть включена

блокировка всех помещений и развешены предупредительные плакаты.

Строительные и монтажные работы должны быть на время регулировочных работ прекращены, за исключением тех из них, которые не отвлекают внимание регулировщиков и не могут повлечь за собой нарушения работы электрических цепей.

Из помещения передатчика должны быть удалены все посторонние лица. Непосредственную настройку передатчика удобнее всего вести вдвоём. Оба настройщика должны хорошо знать схему и расположение всех деталей установки. Один должен внимательно следить за действиями другого и предупреждать каждый раз о включении высокого напряжения. Перед включением напряжения проверяют действие всех автоматов, преднамеренно нарушая цепи автоматики, (например, закрыв воду, выключив накал, открыв двери шкафов и т. д.).

После проверки автоматики приступают к точной установке напряжений по ступеням. Вставив на место лампы и газотроны, производят регулировку накала, для чего переносным прибором, проградуированным по эталону, измеряют напряжение непосредственно у вводов лампы. При наличии в мощной ступени нескольких параллельно включённых ламп с питанием накала переменным током проверяют правильность фазировки. После этого устанавливают при помощи потенциометров правильные значения напряжений на экранных и управляющих сетках ламп, руководствуясь инструкцией по эксплуатации передатчика.

В дальнейшем при работе передатчика подобранные значения напряжений могут измениться вследствие дополнительных падений напряжений, вызываемых сеточными токами, что потребует внесения дополнительных поправок.

Установку напряжений ведут при помощи переносных приборов, соблюдая необходимые предосторожности.

Существует два метода настройки многоступенных передатчиков. Первый заключается в том, что настраиваются последовательно одна ступень за другой. Каждая из них подвергается тщательной обработке до получения заданной мощности, правильной настройки по всему диапазону и т. д. и только после получения необходимых показателей приступают к настройке следующей ступени. При втором методе каждая ступень настраивается вчерне. Когда, таким образом, оказываются настроенными все ступени, производят окончательную их регулировку, начиная с первой. Так повторяют процесс настройки на каждой заданной частоте, записывая режим по приборам и отмечая положения органов настройки.

Первый метод применяют при настройке новых передатчиков, не прошедших стендовых испытаний на заводе, так как он лучше позволяет выявить недочёты каждой ступени.

Второй метод применяется при настройке передатчика, проверенного на заводе, когда, пользуясь заводской инструкцией, можно установить режим всех ступеней передатчика близким к оптимальному.

VII.3. Настройка задающего генератора с кварцем

Большинство применяемых в настоящее время схем задающих генераторов, стабилизированных кварцем, возбуждается сразу при подаче на возбудитель всех напряжений. Если колебания не возникли, следует проверить контакты, правильность монтажа и наличие требуемых напряжений на электродах лампы.

В некоторых схемах возбудителей в анодной цепи имеются колебательные контуры высокой частоты.

В этом случае к настраиваемой ступени подводится питание и колебательный контур в анодной цепи вращением переменного конденсатора настраивается на частоту, близкую к собственной частоте кварца. В зависимости от схемы близость резонанса проявляется либо возрастанием анодного тока, либо падением его. На схеме рис. VII.2 в цепь сетки включено сопротивление; поэтому в момент появления колебаний образуется дополнительное смещение и анодный ток падает.

Характер изменения анодного и колебательного токов показан на рис. VII.3. С увеличением ёмкости в контуре анодный ток быстро падает по мере приближения к резонансу. В момент резо-

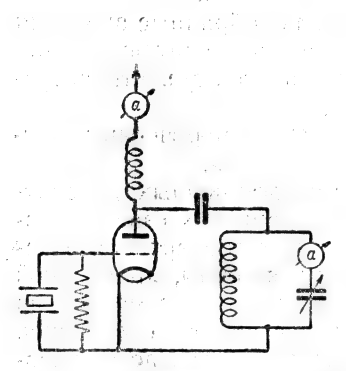


Рис. VII.2. Схема задающего генератора

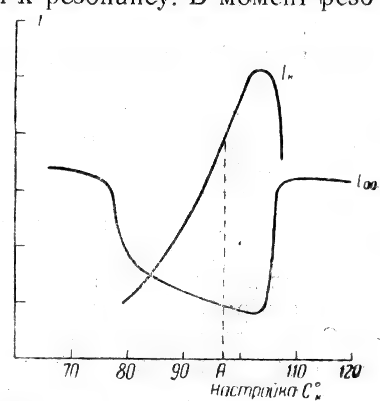


Рис. VII.3. Характеристика изменения анодного и колебательного токов задающего генератора

нанса ток наименьший. Затем наступает резкий срыв колебаний и скачок анодного тока до прежнего значения. Практически следует работать не в точке резонанса, где колебания будут неустойчивы, а в наиболее пологой части кривой, в точке A, где ра-

бота кварца более устойчива, колебания не срываются. Это обстоятельство очень важно и о нём нельзя забывать.

Обратная связь на кварц осуществляется через ёмкость анод—сетка лампы. На низких частотах обратная связь может оказаться недостаточной и необходимо подключение параллельно аноду — сетке лампы дополнительной ёмкости. Излишне большая ёмкость увеличивает нагрузку на кварц.

Выбор величины сопротивления в цепи сетки имеет большое значение, так как оно определяет напряжение смещения, подаваемое на сетку и, следовательно, интенсивность колебаний. В то же время это сопротивление является вредной нагрузкой для эквивалентного контура кварца и поэтому затрудняет возникновение колебаний. Наилучшее значение величины сопротивления подбирается опытным путём.

Сопротивление можно заменить дросселем. При небольшой величине индуктивности дроссель содействует возбуждению кварца и может применяться при малоактивных пластинах. При большой индуктивности дросселя схема может возбудиться и без кварца, поэтому этого метода избегают. Характерной особенностью такой, чисто генераторной схемы, является отсутствие колебаний при вынутом из держателя кварце. Это свойство используется при опытной проверке схемы, если возникает сомнение, в каком режиме она работает — в генераторном или в режиме затягивания. Кварцевый держатель вынимается и на его место ставят другой, аналогичный, у которого вместо кварца вложено обыкновенное стекло. Если при включении высокого напряжения колебания высокой частоты возникают, то, следовательно, связь слишком велика и схема работает с самовозбуждением.

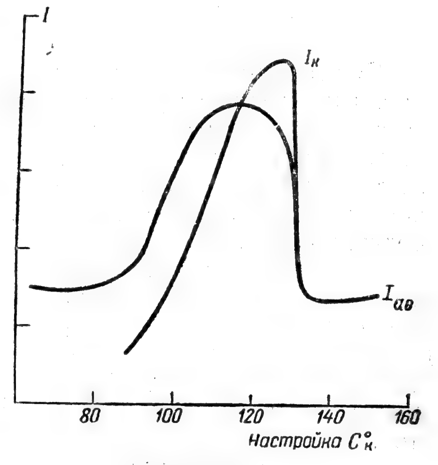


Рис. VII.4. Характеристика изменения анодного тока в кварцевых схемах

Процесс изменения анодного тока в схемах с включением кварца между анодом и сеткой показан на рис. VII.4. Здесь анодный ток растёт по мере приближения к резонансу.

Генераторы, работающие в режиме затягивания, менее надёжны в работе. Такой генератор склонен к многоволнистости, колебания его легко срываются, зависят от внешних воздей-

ствий, и, наконец, при очень сильной связи пластинка кварца может быть разрушена. Однако в силу более лёгкого возбуждения кристаллов кварца и большей интенсивности получаемых колебаний схемы с режимом затягивания иногда всё же применяются.

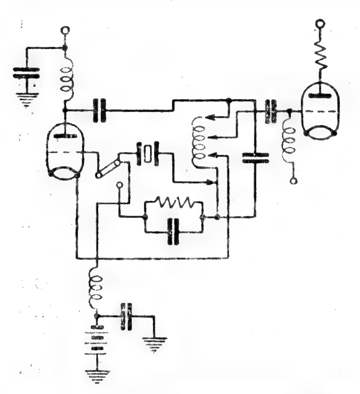


Рис. VII.5. Практическая схема генератора в передатчике типа ВЭСО

На рис. VII.5 приведена практическая схема, применявшаяся на 10 *квт* радиовещательных передатчиках типа ВЭСО.

Характерной особенностью этой схемы является возрастание анодного тока в момент настройки контура в резонанс. При расстройке контура колебания отсутствуют и через лампу течёт небольшой анодный ток. В момент резонанса появляются колебания и анодный ток резко возрастает.

Необходимость тщательного подбора рабочей точки затрудняет использование описанных схем в тех случаях, когда рабочая частота изменяется.

Существенным преимуществом обладают схемы, в которых анодный контур не участвует в самовозбуждении и настраивается в резонанс с основным генерируемым колебанием или на одну из гармоник. В тех случаях, когда получение большой мощности не требуется, анодный колебательный контур может быть заменён эквивалентным сопротивлением, что значительно упрощает обслуживание.

На рис. VI.7*в* (гл. VI) приведена схема, в которой генерация колебаний происходит между катодом, управляющей сеткой и экранирующей сеткой. Связь с анодной цепью осуществляется через электронный поток.

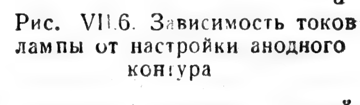


Рис. VII.6. Зависимость токов лампы от настройки анодного контура

В этой схеме параметры анодного контура подбираются так, чтобы в анодной цепи установился недонапряжённый режим. Правильность режима будет определяться малым влиянием изменения настройки анодного контура на токи и режим сеточных цепей (рис. VII.6).

Изменение величины тока от настройки контура в цепи экранирующей сетки показано на рис. VII.7. Рабочий участок отме-

чен пунктирными прямыми. Подбор рабочей точки достигается изменением ёмкости конденсатора в контуре экранирующей сетки.

Положение органов настройки в дальнейшем нужно сохранять, так как от этого зависит стабильность частоты. Наиболее стабильны схемы осцилляторов, имеющие отдельные контуры для каждой рабочей частоты.

Если колебания почему-либо не возникают, то следует произвести ряд испытаний. Причины невозбуждения могут быть следующие:

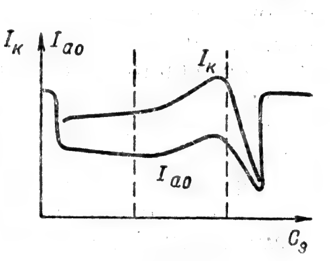


Рис. VII.7. Изменение величины тока от настройки контура

1. Неисправность или загрязнение кварца; попадание влаги. (В этом случае, если имеется резервный держатель с кварцем, следует произвести его замену).

2. Неисправность в соединениях схемы; поставлена неправильная катушка в контур; имеется обрыв, замыкание.

3. Мало анодное напряжение или напряжение накала лампы.

4. Термостат не обеспечивает правильной температуры и кварц, предназначаемый для работы при определённой температуре, может при сильном её изменении не возбуждаться.

5. Пластинка кварца слишком зажата в держателе. (Лёгкое встряхивание держателя может устранить эту неполадку).

6. Велика нагрузка со стороны следующей ступени. (Необходимо ослабить связь).

Если колебания возникают, но частота передатчика не стабильна или не соответствует номиналу, следует проверить правильность работы термостата и отсутствие многоволнистости кварца. Для этой цели медленно вращают конденсатор настройки и определяют число резонансов. Наличие нескольких резонансов указывает на многоволнистость кварца или самовозбуждение ступени. Обнаруженную многоволнистость можно попытаться устранить, изменив положение кварца в держателе.

Большая нагрузка на кварц вызывает появление искрения. Это выявляется по дрожанию стрелок приборов. Нагрузку уменьшают, понижая анодное напряжение, уменьшая отношение индуктивности контура к его ёмкости или изменяя режим, пользуясь снятыми кривыми генерации.

Не следует применять для кварцевого стабилизатора параллельное включение двух ламп, так как это увеличивает ёмкости анод—сетка и сетка—нить, ухудшая режим работы кварцевой ступени вследствие увеличения нагрузки на кварц. Ёмкость сетка—нить шунтирует цепь кристалла, ослабляя генерацию и

ухудшая возбуждение кварца. Эта ёмкость должна быть сведена к минимуму.

Использование в возбудителе двух ламп, включаемых параллельно, может, кроме того, явиться причиной возникновения паразитных колебаний на ультравысоких частотах.

Нельзя применять в задающем генераторе слишком мощную лампу, так как при неправильном выборе режима это влечёт за собой перегрев пластинки, сопровождаемый искрением или даже разрушением её.

Постоянные отклонения в одну сторону корректируются подключением конденсаторов или установкой резервного кварца. Колебания частоты к плюсу и минусу от номинала свидетельствуют о переменных условиях, в которых работает кварц, об изменении температуры, перегреве кварца, колебании питающих напряжений и т. п. Возможно также появление и паразитных частот, генерируемых одной из усилительных ступеней. Необходимо хорошим приёмником прослушать несущую частоту на отсутствие побочных излучений. Ещё лучше проверить это при помощи прибора — панорамика.

Паразитные колебания могут возбуждаться и в самой кварцевой ступени. Это проверяют, вращая ручку переменного конденсатора в колебательном контуре возбудителя и определяя по прибору в анодной цепи отсутствие нескольких резонансных точек.

Если в схеме ранее работал больших размеров кварц с последующим удвоением, а по каким-либо причинам был заказан кварц непосредственно на рабочую частоту, то следует облегчить режим нового кварца снижением анодного напряжения и уменьшением нагрузки.

VII.4. Установка режимов работы лампового генератора

При настройке передатчика регулировщик может изменять в общем случае три параметра: напряжение смещения E_c, напряжение возбуждения в цепи управляющей сетки U_c и нагрузку в анодной цепи R_a. Изменение R_a производится подбором параметров контура: ёмкости и самоиндукции и изменением связи с последующим контуром.

Путём изменения E_c и U_c можно получить различные режимы генератора и различную форму анодного тока i_a, что наглядно показано на рис. VII.8.

Рис. VII.8*а* изображает режим колебаний первого рода. Анодный ток по форме совпадает с напряжением возбуждения U_c, приложенным к управляющей сетке. При увеличении U_c колебания выходят за пределы прямолинейной части характеристики (рис. VII.8*б*) и режим переходит в колебания второго рода. При

этом, в зависимости от величины U_c, можно получить различные формы импульса анодного тока. На рис. VII.8г показан недонапряжённый режим, характерной особенностью которого является малый ток сетки и сохранение косинусоидальной формы импульса анодного тока. При некоторой величине U_c устанавли-

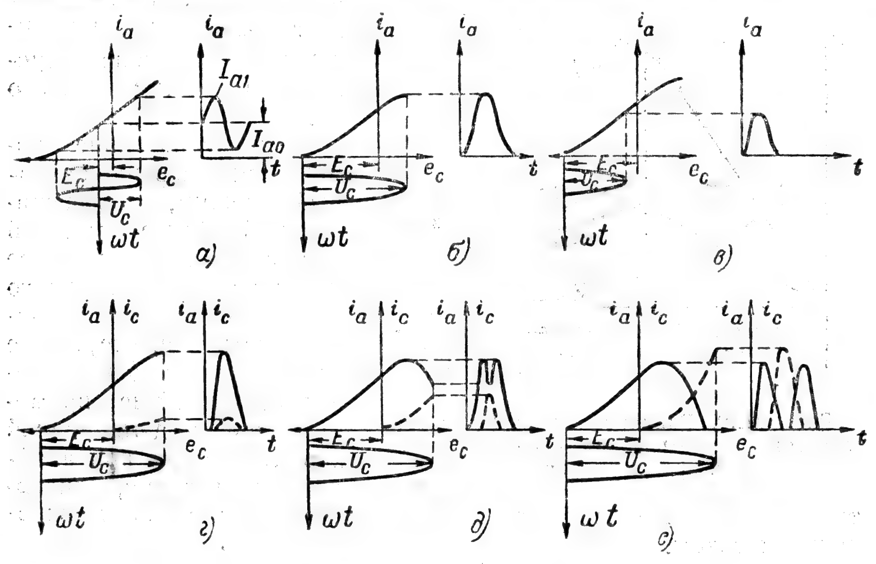


Рис. VII.8. Колебательные режимы генератора

вается критический или пограничный режим, когда импульс анодного тока ещё сохраняет косинусоидальную форму. Дальнейшее увеличение U_c переводит работу лампы в область перенапряжённого режима (рис. VIIд). Сначала импульс анодного тока получает небольшую седловину в верхней части, затем она, всё увеличиваясь, разбивает импульс на два отдельных (рис. VIIе). Режим до этого момента носит название перенапряжённого режима первого вида, после этого — перенапряжённого режима второго вида.

Кроме этих режимов, возможен ещё режим, когда нет сеточного тока, так как работа генератора происходит полностью в отрицательной области характеристики лампы (рис. VII.8в). Такой режим применяется в буферных ступенях передатчиков.

Перевод лампового генератора из одного режима в другой может быть достигнут также изменением эквивалентного сопротивления анодной нагрузки R . С ростом $R_{\ae}$ увеличивается колебательное напряжение на анодной нагрузке и растут полезная мощность и кпд генератора, пока режим его не станет перенапря-

жённым (рис. VII.9). Наибольшее значение полезная мощность приобретает в критическом режиме.

Кпд генератора при переходе в перенапряжённый режим несколько увеличивается благодаря более быстрому уменьшению подводимой мощности по сравнению со снижением колебательной мощности и достигает максимума приблизительно в зоне перехода в режим второго вида.

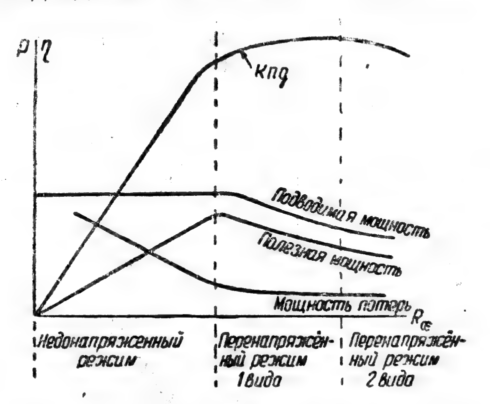


Рис. VII.9. Влияние изменения эквивалентного сопротивления анодной нагрузки на режим генератора

В практике чаще применяется перенапряжённый режим, обеспечивающий более высокий кпд генератора, большее постоянство выходного напряжения при изменениях нагрузки, отсутствие явлений динатронного эффекта, получение прямолинейной модуляционной характеристики при анодной модуляции, значительное уменьшение фона при питании накала ламп переменным током.

Однако перенапряжённый режим не может быть установлен в ступенях с сеточной модуляцией и в ступенях усиления модулированных колебаний.

В условиях работы в недонапряжённом режиме при увеличении U_c больше величины, требующейся для достижения тока насыщения лампы I_s, импульс приобретает прямоугольную форму с уплощённой вершиной. Режим с плоским импульсом увеличивает несколько колебательную мощность, но ухудшает кпд. Кроме того, при этом режиме требуются большие амплитуды на сетку и, следовательно, увеличение мощности возбуждения от предыдущей ступени.

Практически режим с плоским импульсом используется в специальных случаях, при которых обычно напряжение на сетке также имеет несинусоидальную форму.

На основе сказанного выше можно вывести следующие основные положения о влиянии E_c, U_c и R_{oe} на режим генератора.

Если генератор имеет режим, близкий к критическому, и при этом производится уменьшение напряжения возбуждения U_c, например, путём уменьшения связи с предыдущей ступенью, то вместе с этим будут уменьшаться следующие величины: ток первой гармоники I_{a1}; постоянная составляющая I_{a0}; амплитуда ко-

лебательного напряжения на нагрузке $U_a = I_{a1} R_{ae}$; коэффициент использования анодного напряжения $\xi = \frac{U_a}{E_a}$; колебательный ток контура $I_к = \frac{U_a}{\rho}$, где ρ — характеристика контура; колебательная мощность $P_1 = \frac{I_{a1}^2 R_{ae}}{2}$. При этом режим устанавливается всё более недонапряжённым и использование лампы ухудшается. Наоборот, при повышении U_c импульс анодного тока растёт и может вместо остроконечного стать плоским, а затем принять форму, характерную для перенапряжённого режима. Но возможен и прямой переход из недонапряжённого режима в перенапряжённый — без превращения остроконечного импульса в плоский.

При появлении плоского импульса постоянная составляющая анодного тока и подводимая к анодам ламп мощность будет расти быстрее, чем токи I_{a1} и $I_к$ и колебательная мощность в контуре. При переходе в перенапряжённый режим быстро возрастает сеточный ток, а нарастание полезной мощности в контуре замедлится и затем начнёт уменьшаться.

Увеличение E_c уменьшает использование лампы, так как уменьшаются импульс тока $i_{a\,макс}$ и угол его отсечки Θ. При этом уменьшаются I_{a1} и ток в контуре $I_к$. Уменьшается также и постоянный ток I_{a0}, но это уменьшение происходит более медленно, чем уменьшение I_{a1}. При уменьшении E_c импульсы тока растут и могут превратиться из остроконечных в плоские, далее наступает перенапряжённый режим, характеризующийся, как и ранее, быстрым ростом сеточного тока и замедлением роста а, затем и падением колебательной мощности.

При уменьшении R_{ae} режим будет становиться всё более и более недонапряжённым. При этом, хотя I_{a1} и $i_{a\,макс}$ возрастают, $U_a = I_{a1} R_{ae}$ падает. Поэтому наблюдается рост I_{a0} и уменьшение сеточного тока. При увеличении R_{ae} режим становится всё более перенапряжённым, анодный ток I_{a0} падает, а сеточный I_{c0} растёт. Колебательная мощность падает.

Принято работать с углами отсечек, близкими к 90°. Установив соответствующие этому углу расчётные значения E_c, U_c и R_{ae} и настроив колебательный контур в резонанс, можно произвести проверку правильности установления угла отсечки. Для этого при включённом анодном напряжении снимают напряжение возбуждения, например, отключая кварцевый генератор, и если после этого анодный ток станет равным нулю, то угол отсечки будет меньше 90°. Если анодный ток равен примерно 2—5% тока эмиссии лампы, то угол отсечки близок к 90°. Наконец, при токе, пре-

вышающем 5% тока эмиссии, угол отсечки больше 90°. Изменяя напряжение смещения, можно установить анодный ток в пределах 2—5% от тока эмиссии.

VII.5. Настройка буферной ступени

Основное требование, предъявляемое к буферной ступени, заключается в том, чтобы она равномерно нагружала задающий генератор независимо от изменения режима работы последующих ступеней. Для этой цели в буферной ступени подбирается режим ламп без сеточного тока, т. е. используются лампы с левыми характеристиками. Напряжение смещения подбирается достаточно большим, а напряжение возбуждения сравнительно малым.

Для определения правильности режима задающего генератора при работе с буферной ступенью используются два метода. При первом методе в цепь сетки буферной ступени ставят прибор постоянного тока. Его стрелка должна постоянно оставаться на нуле. При втором методе наблюдают за показаниями стрелки анодного прибора задающего генератора при манипуляции передатчика. Стрелка этого прибора должна стоять неподвижно.

Во всех последующих ступенях после задающего генератора, кроме наиболее мощных, обычно применяются тетроды или пентоды. Они не требуют нейтрализации и, работая в перенапряжённом режиме по экранирующей сетке, очень мало загружают предыдущую ступень. Кроме того, колебательное напряжение такой ступени мало изменяется при изменении нагрузки со стороны следующей ступени или при колебаниях напряжений источников питания.

Перенапряжённый режим по экранирующей сетке характеризуется тем, что напряжение на экранирующей сетке в некоторые моменты становится выше остаточного напряжения на аноде. Сеточный ток экранирующей сетки при этом велик, сеточный ток управляющей сетки мал.

Для уменьшения влияния изменения нагрузки связь буферной ступени с задающим генератором делают по возможности слабой.

VII.6. Настройка усилителей и удвоителей

В коротковолновых передатчиках для укорочения волны после кварцевой ступени применяется удвоение частоты.

Желательно стремиться к минимальному количеству ступеней передатчика, работающих на одной волне. Поэтому, если, например, для получения волны в 25 *м* по имеющемуся диапазону кварцевой ступени можно применить два удвоения или три, то следует выбрать последний вариант, т. е. волну задающего генератора взять 200 *м*, а не 100 *м*. В передатчиках новейших кон-

струкций, в связи с более правильным размещением монтажа и лучшего экранирования, это не так существенно.

При удвоении частоты режим устанавливается так же, как и в буферной ступени, перенапряжённым по экранирующей сетке. Для получения наивыгоднейших условий удвоитель должен работать с очень малыми углами отсечки, с большим постоянным напряжением смещения и большой амплитудой возбуждения. Ступень перед удвоителем должна развивать достаточную для этого колебательную мощность.

Амплитуда возбуждения, необходимая для удвоителя, по величине сравнима с напряжением на выходном контуре удвоителя. Поэтому коэффициент усиления удвоителя значительно меньше, чем у обычных усилителей и в лучшем случае не превосходит двух-трёх. Полезная мощность удвоителя определяется второй гармоникой импульса анодного тока и, следовательно, при одной и той же подведённой мощности отдача лампы при работе удвоителем будет меньше, а потери на аноде больше. В обычном усилителе время протекания тока через лампу совпадает с малыми значениями анодного напряжения, в удвоителе же этого нет и потери на аноде возрастают.

Оптимальные условия работы удвоителя соответствуют режиму с углом отсечки 40—50°. При этом коэффициент полезного действия достигает 50—60%. Процесс изменения токов в удвоителе показан на рис. VII.10.

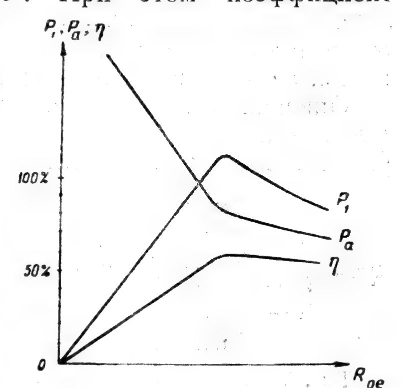


Рис. VII.10. Характеристика изменения мощности в удвоителе

Учитывая, что в передатчиках одна и та же ступень может работать и как удвоитель и как усилитель, необходимо при переводе её из усилительного режима в удвоительный увеличить R_{oe}, E_c, а также при помощи связи с предыдущим контуром повысить U_c. Для настройки ступени на удвоенную частоту включают накал лампы, устанавливают рабочее напряжение смещения, подают по предыдущей ступени возбуждающее напряжение и включают пониженное анодное напряжение. Настраивают контур в резонанс со второй гармоникой. При большой ёмкости переменного конденсатора может быть обнаружено несколько резонансов. Поэтому после настройки контура проверяют частоту полученных колебаний волномером или осциллографом, чтобы убедиться, действи-

тельно ли она соответствует удвоенной величине. Затем производят подбор наивыгоднейших значений сеточных напряжений и эквивалентного сопротивления контура. Если анод лампы сильно греется, то следует проверить напряжение смещения или уменьшить нагрузку, увеличив индуктивность контура и соответственно уменьшив его ёмкость. Это даёт увеличение эквивалентного сопротивления и уменьшение потребления энергии лампой вследствие установления перенапряжённого режима.

Появление колебаний в контуре можно обнаружить, касаясь его деталей неоновой лампой, прикреплённой к изолирующему стержню: свечение лампы укажет на наличие колебаний в контуре. Настройку в резонанс можно производить, связывая с анодным контуром лампу накаливания посредством припаянного к ней витка связи. В момент резонанса лампа светится наиболее ярко. Проще вести настройку по амперметру, включённому в анодную цепь лампы настраиваемой ступени и по амперметру в цепи сетки следующей ступени. Для этой цели должен быть предварительно включён накал ламп этой ступени и на сетку подано напряжение смещения. Вращая конденсатор анодного контура, определяют момент резонанса по минимуму анодного тока в настраиваемой ступени и максимуму сеточного тока в следующей ступени. Конденсатор надо вращать медленно, так как иногда минимум анодного тока выражен очень слабо. О мощности колебаний судят по показаниям измерительного прибора в цепи сетки лампы следующей ступени или по свечению лампы накаливания, связанной с колебательным контуром.

Описанным способом настраивают последовательно все удвоительные и усилительные ступени малой мощности. Настройка усилительной ступени отличается от настройки удвоителя только тем, что в усилителе устанавливается меньшее напряжение смещения и анодный контур настраивается непосредственно на рабочую частоту. Усилительные ступени, работающие на трёхэлектродных лампах, должны быть нейтрализованы. Удвоительные ступени могут не иметь нейтрализации, так как частота анодного контура отличается от частоты контура в цепи сетки.

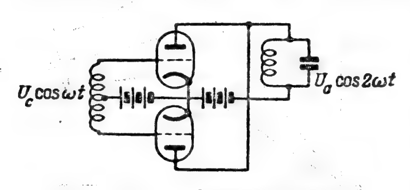


Рис. VII.11. Схема удвоения

В некоторых передатчиках схема удвоения отличается от обычно принятой (рис. VII.11). В ней сетки ламп включены по симметричной двухтактной схеме, а аноды соединены параллельно. Благодаря сдвигу возбуждения в цепи сеток ламп на 180° токи нечётных гармоник, включая первую, взаимно уничтожаются, токи чётных гармоник складываются.

VII.7. Настройка промежуточных ступеней большой мощности

Контур промежуточной ступени следует предварительно настроить на рабочую частоту. Если этого не сделать, а прямо включить высокое напряжение на аноды ламп, то анодный ток при наличии на сетке возбуждающего напряжения достигает опасного для ламп значения, так как расстроенный колебательный контур является малым сопротивлением для переменной слагающей. На рис. VII.12 показано изменение полезной мощности, мощности потерь, тока в контуре, тока анода и тока сетки при расстройке контура в обе стороны от резонанса и при использовании трёхэлектродной лампы. Если в ступени применён пентод или тетрод, то $I_к$ и I_{a0} изменяются так, как показано на рисунке. Изменение тока экранирующей сетки будет происходить по кривой I_{c0} трёхэлектродной лампы, а ток управляющей сетки при настройке контура будет изменяться весьма незначительно. Сравнительно небольшая расстройка контура вызывает падение колебательной мощности и рост подводимой мощности. В итоге при расстройке контура на анодах ламп рассеивается большая мощность потерь. Предварительную настройку контура на резонансную частоту можно произвести различными путями. В длинноволновом передатчике для возбуждения контура применяют волномер с зуммером или ламповый гетеродин. Контур волномера слабо связывается с настраиваемым контуром. Для определения резонанса используют чувствительный термоприбор или собирают апериодический контур, состоящий из последовательно включённого телефона, детектора и одного-двух витков проволоки. Колебания из контура волномера передаются через связь в настраиваемый контур. Апериодический контур слабо связывается с настраиваемым, и в телефоне слышен звук. Следует убедиться в отсутствии прямого воздействия волномера на апериодический контур, размыкая настраиваемый контур. При этом звук в телефоне должен прекращаться. Если этого нет, то следует ослабить связи.

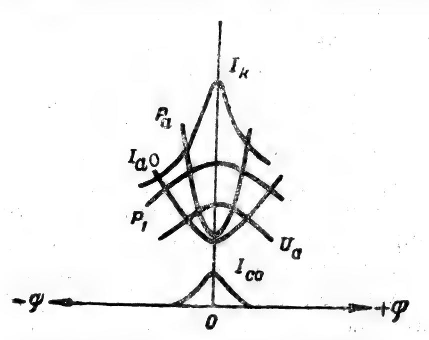


Рис. VII.12. Характеристика изменения мощностей и токов при расстройке контура

Передвигая щуп настройки контура вдоль катушки или изменяя ёмкость конденсатора, добиваются максимума слышимости в телефоне. Иногда удобнее определить частоту настройки контура, вращая переменный конденсатор волномера и следя за

слышимостью в телефоне, а затем последующими изменениями параметров контура добиться настройки на рабочую частоту.

Более удобен метод настройки ламповым лабораторным генератором — гетеродином. Порядок настройки остаётся тот же. Для определения резонанса включают в контур прибор — индикатор тока или слабо связывают с контуром лампочку накаливания. Максимум интенсивности свечения лампочки соответствует моменту резонанса.

В качестве индикатора может быть применён также апериодический контур, слабо связанный с настраивающимся. Апериодический контур в данном случае состоит из детектора и гальванометра, так как телефон непригоден для приёма незатухающих колебаний. Если ламповый гетеродин не проградуирован, то генерируемую им частоту определяют волномером и, установив рабочую частоту, приступают к настройке контура. В коротковолновых передатчиках с трёхэлектродными лампами удобнее воспользоваться для настройки контура колебательной энергией уже настроенной предыдущей ступени. Для этого используют паразитную ёмкостную связь, образуемую электродами сетки и анода лампы настраиваемой ступени. Колебательная энергия, поданная от предыдущей ступени в цепь сетки настраиваемой ступени, частично проходит через внутриламповую ёмкость к анодному контуру. Настройку производят следующим образом. Включают все предыдущие ступени и возбуждают сетку настраиваемой ступени. Анодное напряжение к лампам этой ступени не подают. Если этого по условиям схемы сделать нельзя, то отсоединяют высокое напряжение, но так, чтобы не нарушить цепь прохождения высокой частоты.

Нейтродинные конденсаторы следует вывести совсем или, наоборот, ввести полностью. В последнем случае связь сеточного контура лампы с анодным будет осуществляться через нейтродинные конденсаторы. С анодным контуром соединяют какой-либо индикатор тока, например, лампу накаливания. Вращая переменный конденсатор анодного контура, добиваются по свечению лампы настройки в резонанс. Если резонанс не получается, следует изменить индуктивность катушки контура и снова произвести настройку вращением конденсатора. По окончании настройки нейтрализуют схему и подают высокое напряжение на аноды ламп, проверяя правильность настройки небольшими изменениями ёмкости конденсатора или индуктивности вариометра.

Настройка значительно упрощается, если предусмотрена возможность подачи пониженного напряжения на аноды ламп данной ступени. В этом случае напряжение возбуждения искусственно понижают небольшой расстройкой предыдущей ступени. Затем

настраивают анодный контур и постепенно повышают напряжение возбуждения подстройкой предыдущей ступени. Настройку проверяют, повышая анодное напряжение до нормального и вращая слегка конденсаторы настройки около положения резонанса. При этом необходимо внимательно следить за нагревом анодов ламп, не давая им перегружаться.

Настройке контура в резонанс будет соответствовать максимум колебательного тока в контуре и минимум анодного тока. Так как тепловой прибор в контуре обладает инерцией, то им обычно не пользуются, а ведут настройку по минимуму анодного тока лампы.

Полученные в контуре колебания усиливают, подбирая наивыгоднейшие соотношения параметров контура и изменяя напряжения смещения и возбуждения. При настройке промежуточных ступеней в качестве нагрузки используют сеточную цепь следующих ступеней. Для этого включают накал ламп и настраивают цепь сетки, если это предусмотрено по схеме, в резонанс с колебаниями возбуждения. Нагрузкой могут служить также обычные лампы накаливания с витком проволоки для осуществления связи.

Влияние на режим ступени параметров контура показано на рис. VII.13, где дана зависимость I_a, U_a, I_{c0}, $I_к$ от соотношения $\frac{L}{C}$ или степени связи с последующей ступенью.

Изменение $\frac{L}{C}$ производится обычно замыканием накоротко части витков катушки или заменой одной катушки другой. Изменением положения щупа анодной связи можно регулировать значение эквивалентного сопротивления контура и влиять на режим подобно изменению $\frac{L}{C}$, так как R_a и $\frac{L}{C}$ величины пропорциональные. При некотором оптимальном значении анодной связи колебательная энергия в контуре достигает своего максимума $I_{к\ макс}$. Дальнейшее увеличение анодной связи приводит к появлению перенапряжённого режима, вследствие чего анодный и колебательный токи падают, а сеточный ток растёт, так как увеличивается относительное значение напряжения на сетке по отношению к остаточному напряжению на аноде.

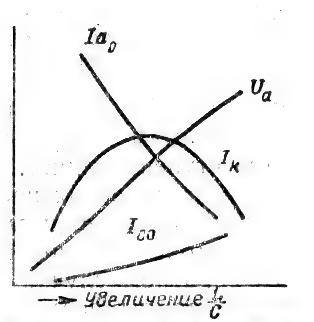


Рис. VII.13. Зависимость токов и напряжений от параметров контура

Если уменьшить связь на следующую ступень, то внутреннее сопротивление падает. Это приводит к росту R_a и U_a. Увеличивается напряжённость режима, падает потребление постоянного тока и растёт сеточный ток.

Кривые рис. VII.14 показывают, как протекают процессы, если расстраивать сеточный контур последующей ступени (нагрузку). Как следует из теории:

$$Z_{вн} = \frac{\omega^2 M^2}{\sqrt{r_2^2 + \left(\omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}\right)^2}}.$$

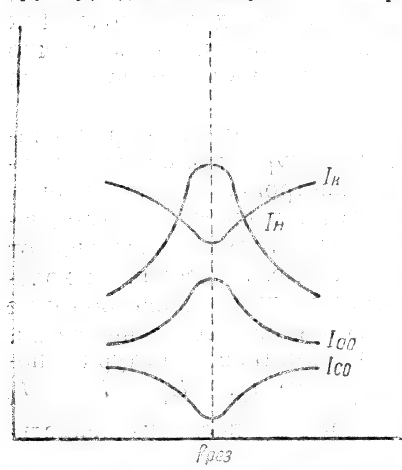


Рис. VII.14. Характеристика процессов в контуре при изменении нагрузки

При настройке нагружающего контура в резонанс вносимое сопротивление будет активным и будет иметь максимальное значение. Второй член знаменателя при этом равен нулю.

Это означает уменьшение R_a анодного контура предыдущей ступени. Таким образом, положению резонанса в сеточном контуре последующей ступени будет соответствовать максимум анодного тока I_{a0} и минимум сеточного тока I_{c0} в предыдущей ступени; в сеточном контуре последующей ступени ток $I_к$ растёт, так как в этот момент в контур отсасывается максимум энергии, а ток в анодном контуре предыдущей ступени падает.

При всех прочих постоянных значениях увеличение связи с нагрузкой означает увеличение анодного тока лампы, падение сеточного тока и уменьшение колебательного напряжения.

В обратном случае уменьшение связи с нагрузкой или перегорание лампы последующей ступени приводит к исчезновению вносимого в контур сопротивления и, следовательно, вызывает рост эквивалентного сопротивления контура. Обычно при этом в настраиваемой ступени устанавливается перенапряжённый режим.

Настройка промежуточной ступени заканчивается получением достаточной мощности для возбуждения последующей ступени.

Следует отметить, что в случае сильно перенапряжённого режима можно обнаружить два положения конденсатора контура, при котором в контуре имеется максимум колебательной мощности. Эти положения не совпадают с настройкой. Снимая кри-

вую изменения U_a при вращении контурного конденсатора около точки резонанса, получают двугорбую кривую с провалом в положении настройки (рис. VII.15).

Это объясняется формой импульса тока при перенапряжённом режиме. В момент настройки импульс тока имеет глубокие впадины, что вызывает уменьшение первой гармоники.

При небольшой расстройке контура R_α падает и импульс анодного тока становится более косинусоидальным, что влечёт за собой увеличение амплитуды первой гармоники и колебательной мощности. Двугорбую кривую можно обнаружить, поднося к колебательному контуру неоновую лампочку и наблюдая за её свечением. Лампочка при наличии двугорбой кривой вспыхивает два раза.

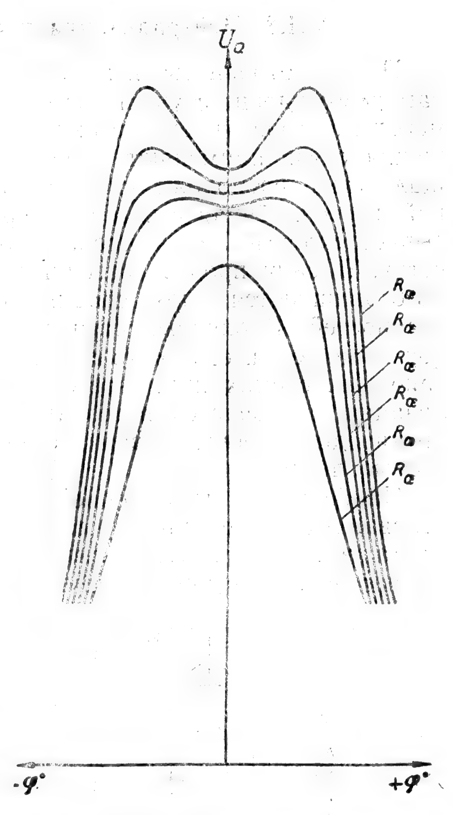


Рис. VII.15. Изменение анодного напряжения с изменением ёмкости контурного конденсатора

Для увеличения мощности повышают напряжение возбуждения на сетке путём увеличения связи или подстройки предыдущей ступени. Подбор связи следует начинать с минимальной её величины и затем постепенно увеличивать. Если связь увеличить чрезмерно, то это внесёт в контур возбуждающей ступени большое сопротивление, вследствие чего уменьшится полное сопротивление анодного контура и упадёт колебательная мощность. Это может повести не к увеличению напряжения возбуждения, а к уменьшению его.

В коротковолновых передатчиках следует обращать внимание также на положение витков связи. Здесь резко увеличивается роль ёмкостной и индуктивной связи через соединительные провода и распределённую ёмкость деталей и монтажа. Эти случайные связи могут складываться или вычитаться из основной связи, го

Поэтому при настройке может получиться, что увеличение связи перестановкой щупов приведёт в действительности к уменьшению связи или при неизменном положении щупа, в зависимости от направления подводящего проводника, результирующая связь может увеличиться или уменьшиться. После настройки ступени проверяют отсутствие паразитных колебаний в ней методами, описанными в следующих разделах книги.

VII.8. Нейтрализация промежуточных ступеней

При некоторой связи между цепями анода и сетки возможно самовозбуждение ступени. Эта связь может образоваться и через междуэлектродную ёмкость анод—сетка самой лампы. Для уменьшения связи применяют тетроды и пентоды. В них экранирующая сетка, расположенная между анодом и управляющей сеткой, и соединённая с катодом через большую ёмкость, перехватывает силовые линии анода и тем самым экранирует от него сетку. В силу производственных трудностей тетроды и пентоды изготавливаются для сравнительно небольших колебательных мощностей. В мощных ступенях используются триоды, при которых может иметь место самовозбуждение. Для борьбы с ним в триодных схемах применяется нейтрализация ступеней. Нейтрализация заключается в создании второй искусственной связи, противодействующей связи, созданной междуэлектродной ёмкостью лампы.

Наибольшее применение получили схемы нейтрализации, основанные на принципе электрического моста. При балансе моста электродвижущие силы, включённые в диагонали, действуют не влияя друг на друга.

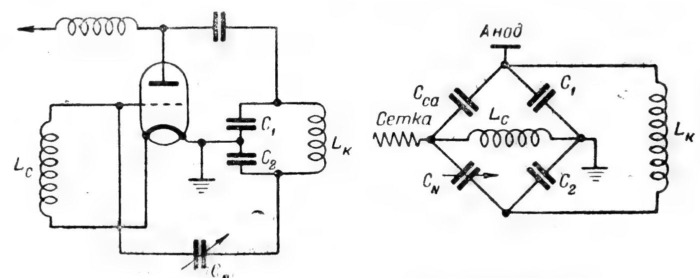


Рис. VII.16. Схема анодной нейтрализации

На рис. VII.16 приведена схема анодной нейтрализации. Напряжение, снимаемое с ёмкости C_2 и подводимое к сетке лампы через нейтродинный конденсатор C_N, имеет знак, противоположный знаку того напряжения, которое попадает на сетку через ёмкость лампы C_{ca}.

Равновесие моста определяется равенством:

$$C_N = \frac{C_2}{C_1} C_{ca}.$$

Для симметричной двухтактной схемы нейтрализации (рис. VII.17) условие равновесия будет:

$$C_{N1} C_{N2} = C_{ca1} C_{ca2}.$$

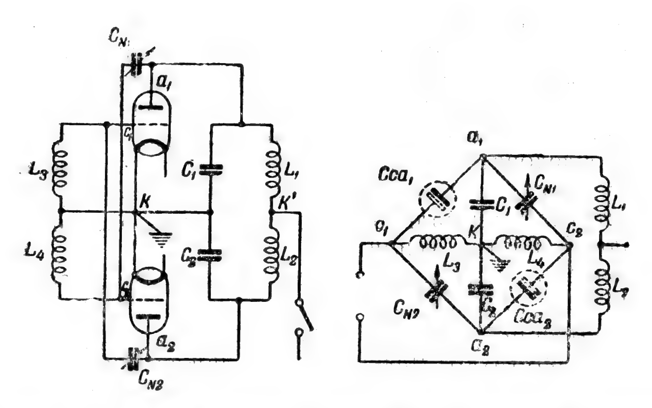


Рис. VII.17. Симметричная двухтактная схема нейтрализации

Нейтрализация производится тотчас же после настройки контура ступени как при выключенном, так и при включённом анодном напряжении регулируемой ступени. Более правильным является способ нейтрализации при включённом анодном напряжении, так как ступень балансируется в условиях действительной работы. Однако, если схема регулируется заново, то при полном отсутствии баланса легко могут возникнуть паразитные колебания или самовозбуждение ступени и погибнуть лампы. Поэтому, если нельзя понизить анодное напряжение на время регулировки, лучше произвести нейтрализацию сначала при выключенном анодном напряжении и, добившись приблизительного баланса, включить напряжение, произведя затем дополнительную регулировку. Для этого к анодному контуру регулируемой ступени подносят лампочку-индикатор с витком проволоки и, вращая конденсатор настройки анодного контура, находят положение резонанса по максимальному свечению лампы. Связь лампы с контуром берут сначала большой для того, чтобы грубо определить положение, близкое к резонансу. Если при увеличении ёмкости переменного конденсатора лампочка загорается ярче, но резонанса нет, то необходимо увеличить индуктивность

анодного контура. Если резонанс есть, но точно установить его положение нельзя из-за опасности пережечь индикаторную лампу, то следует уменьшить связь индикатора с контуром. Добившись резонанса, находят вращением нейтродинных конденсаторов их правильное положение, определяемое минимумом свечения лампочки или даже полным погасанием её. Для проверки усиливают связь индикаторной лампы с контуром и добиваются наиболее точной нейтрализации.

При окончательной регулировке связь лампочки с контуром следует установить такой, чтобы лампочка едва-едва накаливалась, так как глаз человека реагирует более резко на изменение свечения при слабой интенсивности света, чем при относительно большом свечении. Вводя постепенно нейтродинные конденсаторы, проверяют каждый раз настройку контура в резонанс. Манипуляции последовательно повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто минимальное свечение лампочки в момент резонанса, что соответствует минимальному просачиванию энергии возбудителя в анодный контур усилителя.

Более точно и легко можно произвести нейтрализацию, если вместо индикаторной лампочки использовать ламповый вольтметр, включаемый параллельно колебательному контуру. Моменту резонанса соответствуют максимальные показания прибора. По мере улучшения нейтрализации абсолютное значение этого максимума будет падать из-за уменьшения энергии в контуре.

Если минимум прохождения энергии выражен недостаточно чётко, причину следует искать в наличии магнитной связи между контурами. Если баланс легко достигается при отсутствии тока накала в лампах регулируемой ступени, а при включении накала баланса нет, то это может указывать на плохой вакуум одной из ламп.

В случае, если нейтрализуемая схема должна работать в некотором диапазоне частот коротковолнового передатчика, следует произвести нейтрализацию сначала при более низкой частоте, а затем перейти к более высоким. Окончательная регулировка при более высокой частоте производится изменением длины проводов в ветвях балансного мостика, так как основной причиной нарушения баланса с увеличением частоты является распределённая индуктивность проводов.

Для грубой нейтрализации схемы следует наблюдать за показаниями сеточного прибора регулируемой ступени, подав возбуждение при невключённом анодном напряжении и медленно изменяя ёмкость конденсатора настройки анодного контура около положения резонанса. Вводя нейтродинный конденсатор, следует достигнуть такого положения, чтобы изменение настройки анодного контура не отражалось на показаниях сеточного прибора, т. е. цепь сетки была бы полностью «развязана» с цепью анода.

Произведя предварительную нейтрализацию схемы при выключенном анодном напряжении, ставят регулируемую и все предшествующие ступени в нормальный рабочий режим.

Вращая слегка переменный конденсатор контура около положения резонанса, следят за показаниями приборов. При полной нейтрализации, в момент прохождения через резонанс, анодный прибор покажет минимум тока, а прибор в контуре или в цепи сетки следующей ступени — максимум колебательной энергии. При неполной нейтрализации минимум показания анодного прибора не совпадает с максимумом тока в контуре.

Наблюдая за показаниями приборов, можно судить, следует ли увеличить или уменьшить ёмкость нейтродинного конденсатора. Если при достижении резонанса уменьшение ёмкости конденсатора контура вызовет уменьшение показания анодного прибора, то это означает, что ёмкость нейтродинного конденсатора слишком велика, её следует уменьшить и повторить настройку контура в резонанс.

Если в момент резонанса уменьшение ёмкости конденсатора настройки вызывает увеличение показаний анодного прибора, значит, ёмкость нейтродинного конденсатора мала и её следует увеличить.

При отсутствии контурного прибора наблюдают за показаниями анодного и сеточного приборов регулируемой ступени. При правильной нейтрализации момент резонанса в контуре отмечается максимумом сеточного тока и минимумом анодного. Если схема перенейтрализована, показания обоих приборов будут падать. При обратном положении показания обоих приборов растут.

Выше везде предполагалось, что сеточный контур не имеет никакой связи с анодным, кроме учтённой и сбалансированной ёмкости сетка—анод лампы. В действительности при неудачном монтаже может существовать прямая магнитная связь между катушками контуров, нарушающая правильную балансировку схемы.

В схеме анодной нейтрализации равновесие нарушается наличием ёмкости и проводимости анод—нить, включённых параллельно половине анодной катушки индуктивности. Проводимости сетка—нить и анод—нить изменяют соотношение фаз в 180° между напряжениями, подводимыми через ёмкость анод—сетка и ёмкость нейтродинного конденсатора.

На коротких волнах преимуществом пользуется двухтактная схема включения ламп, так как при этом:

а) контуры симметрично уравновешены по отношению к земле;

б) отношение ёмкости анодного контура к междуэлектродной ёмкости больше, чем в схеме с параллельным включением ламп, при той же величине индуктивности в анодном контуре.

Если ёмкость одного из нейтродинных конденсаторов больше другого, то в середине катушки имеется некоторое дополнительное переменное напряжение по отношению к земле. Это переменное напряжение воздействует на сетки ламп. Одна из ламп стремится к самовозбуждению и к генерации колебаний, а вторая лампа поглощает эти колебания. Внешним признаком наличия в цепи сеток дополнительных переменных напряжений могут служить неравномерные показания приборов, включённых в аноды ламп.

Если сделать ёмкости нейтродинных конденсаторов равными, то дополнительное переменное напряжение исчезает, и схема уравновешивается. Поэтому при нейтрализации двухтактных схем всегда стремятся получить баланс при одинаковых величинах ёмкостей нейтродинных конденсаторов.

При высокой частоте неравномерная длина проводов, образующих плечи моста, может нарушить баланс из-за несимметричного влияния распределённой индуктивности проводов. Сами лампы также должны иметь равные ёмкости анод—нить, равные внутренние сопротивления, иначе сетки ламп получат дополнительные переменные потенциалы по отношению к земле, вследствие чего одна из ламп будет работать с перегрузкой, а другая с недогрузкой. Это приведёт к уменьшению общего коэффициента полезного действия ламп.

Включение провода питания точно в среднюю точку катушки уменьшает асимметрию схемы. При этом провод должен быть зашунтирован конденсатором на землю, а конструкция ступени должна обеспечивать строгую симметрию плеч.

Нейтродинные конденсаторы следует включать ближе к сеткам ламп, так как это предупреждает самовозбуждение. Контуры цепи сетки и анода должны быть смонтированы так, чтобы между ними не было непосредственной связи. Анодные и сеточные провода этих контуров не должны идти параллельно друг другу. Сеточные провода следует расположить близко друг к другу и сделать возможно короткими, чтобы уменьшить их магнитную связь с другими цепями. В случае, если возбуждающее напряжение от возбудителя несимметрично по отношению к земле, одна из ламп будет получать большее возбуждение. Для устранения этого можно регулировать возбуждение, изменяя напряжение смещения, подаваемое на каждую из ламп, или найти и устранить асимметрию в схеме возбудителя, вызванную, например, неравной длиной соединительных проводов возбудителя.

Причиной нарушения баланса моста может явиться также динатронный эффект в лампах, что эквивалентно включению параллельно ёмкости анод—сетка лампы активного сопротивления.

Как правило, при монтаже коротковолновых передатчиков следует применять возможно более короткие провода, в том числе и те, которые ведут к общей шине заземления. Это уменьшает возможность появления неравномерной нагрузки ламп и паразитных колебаний.

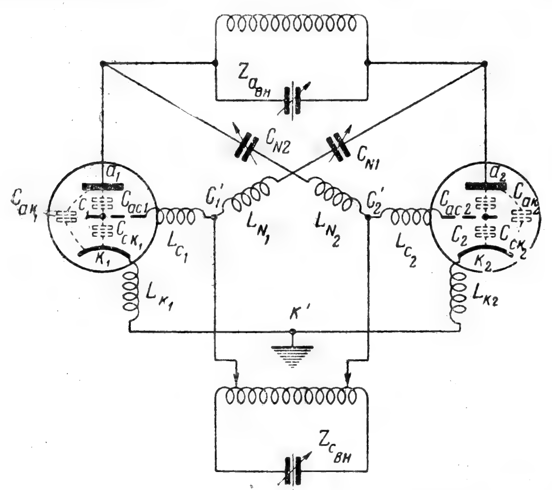


Рис. VII.18*а*. Схема нейтрализации с учётом влияния распределённых ёмкостей

При достаточно коротких волнах, особенно в диапазоне 12—19 *м*, необходимо учитывать влияние всех трёх распределённых ёмкостей: анод—катод C_a, анод—сетка C_{ca}, сетка—катод $C_{ск}$ и индуктивностей подводящих проводов и вводов ламп L_c, $L_к$ (рис. VII.18*а*).

Распределённая индуктивность в обычной схеме нейтрализации позволяет осуществить баланс моста только для одной частоты, для которой результирующее ёмкостное сопротивление в нейтродинной цепи равно ёмкостному сопротивлению цепи анод—сетка. Схема будет работать устойчивее и сохранит свои нейтрализующие свойства в пределах более широкой полосы изменения частоты, если сделать $C_N = C_{ca}$ и уравновесить индуктивность, включив небольшую катушку (3—4 витка) в цепь сетки или использовав распределённую индуктивность подводящих проводов. Сеточный контур присоединяется около середины индуктивности. Наилучшее положение находится опытным путём.

Действительная эквивалентная схема имеет более сложный вид и показана на рис. VII.18*б*, где L_{N_1} — индуктивность части провода между конденсатором C_{N_1} и точкой C_1' присоединения

внешнего сеточного контура; L_{c1} — индуктивность ввода сетки и оставшейся части провода до C_1'.

Между катодом каждой лампы и землёй включены индуктивности $L_{к1}$ и $L_{к2}$, образованные нитью накала и соединительным заземляющим проводом.

Рис. VII.18б. Эквивалентная схема нейтрализации

Для равновесия моста необходимо выполнение следующих условий:

$$C_{N_1} = C_{N2} = C_{ac},$$

$$L_{N1} = L_{N2} = L_c,$$

$$L_{к1} = L_{к2},$$

$$\frac{C_{ac}}{C_{ак}} = \frac{L_к}{L_c}.$$

Нейтрализация схемы для диапазона частот производится следующим образом: сначала нейтрализуют ступень при включённом анодном напряжении, как было описано выше, и затем уточняют положение нейтродинных конденсаторов при включённом анодном напряжении. Нейтрализацию устанавливают на самой низкой частоте диапазона, когда индуктивность ветвей влияет сравнительно мало. Затем, отметив положение нейтродинных конденсаторов, перестраивают передатчик на самую короткую волну, вновь производят нейтрализацию и сравнивают положение нейтродинных конденсаторов в первом и втором случаях.

Если на более короткой волне ёмкость нейтродинных конденсаторов приходится уменьшить, то это означает, что индуктивность нейтродинных шин слишком велика по сравнению с индуктивностью ламповой ветви моста.

Для балансирования моста следует переместить точку подачи возбуждения в сторону нейтродинных конденсаторов. Далее проверяют нейтрализацию схемы и находят новое положение для конденсаторов. Перемещение точки подачи возбуждения производят до тех пор, пока не будет достигнуто то же положение нейтродинных конденсаторов, какое имело место при самой длинной волне диапазона.

После этого следует вновь проверить нейтрализацию при самой длинной и при самой короткой волнах, потому что при самой длинной волне изменение индуктивностей могло потребовать некоторого изменения положения нейтродинных конденсаторов.

Применение такого метода нейтрализации обеспечивает неизменность её на всём диапазоне волн передатчика, значительно повышая устойчивость его работы.

VII.9. Схемы с заземлённой сеткой

За последнее время в мощных ступенях коротковолновых передатчиков нашла широкое применение схема с заземлённой сеткой (инверсная), предложенная М. А. Бонч-Бруевичем (рис. VII.19).

Заземление сетки устраняет обратную связь, существующую в обычных схемах из-за наличия междуэлектродной ёмкости анод—сетка (C_{ac}). Кроме того, сетка экранирует анодный контур от сеточного, благодаря чему отпадает необходимость в нейтрализации. Отсутствие нейтродинных конденсаторов улучшает кпд мощной ступени, так как уменьшает суммарную ёмкость анодного контура и позволяет повысить значение R_{oe}. Особенностью схемы является подача возбуждения не на сетку, а на катод лампы.

Для изоляции катода по высокой частоте от земли питание накала подаётся через дроссели. Анодный контур включён между анодом и сеткой.

Как видно из схемы, ток первой гармоники I_{a1} протекает последовательно через анодный и сеточный колебательные контуры. Благодаря этому напряжение на анодном контуре складывается из двух напряжений $U_к = U_{ac} = U_a + U_c$.

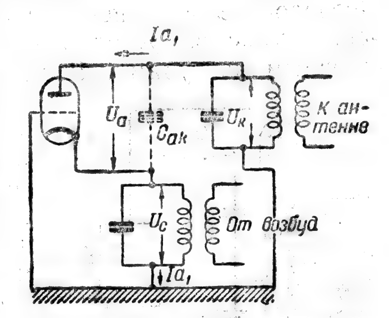


Рис. VII.19. Схема с заземлённой сеткой

К энергии, создаваемой мощной ступенью, добавляется часть колебательной энергии возбудителя. Мощность в анодном контуре представляет сумму колебательной мощности возбуждаемой ступени: $\frac{U_a I_{a1}}{2}$ и частично мощности возбудителя: $\frac{U_c I_{a1}}{2}$.

Мощность возбудителя, таким образом, затрачивается не только на возбуждение ламп, но и на непосредственное увеличе-

ние колебательной мощности в анодном контуре возбуждаемой ступени. Поэтому мощность возбудителя выбирается равной 10—15% от мощности возбуждаемой ступени.

Для того, чтобы заземлённая сетка могла служить экраном, она должна быть сконструирована таким образом, чтобы уменьшать связь между анодом и катодом и иметь малую индуктивность ввода. Этому удовлетворяют лампы с водяным охлаждением, у которых анод находится внизу, а вводы катода вверху; вывод сетки, располагающийся между ними, выполняется в виде кольца, окружающего лампу и имеющего малую индуктивность.

Применяя анодную модуляцию на последнюю ступень, необходимо при схеме с заземлённой сеткой модулировать не только последнюю, но и предпоследнюю ступени. Если этого не сделать, часть мощности, создаваемой предыдущей ступенью в анодном контуре мощной ступени, остаётся не модулированной и, следовательно, на выходе передатчика не будет стопроцентной модуляции.

По предложению З. В. Топуриа и В. М. Тимофеева для повышения устойчивости работы мощной ступени применяется схема, приведённая на рис. VII.20. Из анализа её следует, что связь между анодным и сеточным контурами образуется здесь междуэлектродными ёмкостями и индуктивностью ввода сетки. Последовательно с ней, включается ёмкость C_c. Подбором её значения удаётся устранить вредную связь между анодным и сеточным контурами. В двухтактной схеме это осуществляется путём соединения сеток ламп через общую ёмкость, состоящую из двух последовательно включённых конденсаторов. Заземление средней точки не обязательно, так как она имеет нулевой потенциал, и поэтому можно установить вместо двух ёмкостей одну. В целях уменьшения индуктивности подводящих проводов в качестве ёмкости берутся керамические дисковые конденсаторы, соединяемые последовательно друг с другом и подключаемые к сеткам ламп медными лентами.

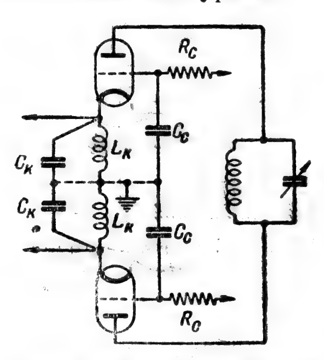


Рис. VII.20. Схема Топуриа и Тимофеева

В цепь катода включаются возможно ближе к вводам также керамические конденсаторы с ёмкостью C_k, которая обеспечивает устойчивость схемы против возникновения паразитных колебаний. Величина C_k подбирается максимально допустимой для каждого данного случая.

VII.10. Настройка мощной ступени

Настройка мощной ступени осложняется наличием одного или нескольких промежуточных контуров, соединительного фидера между ступенью и антенным контуром, контура в антенном павильоне и самой антенны, являющейся нагрузкой для ступени.

Первые передатчики работали непосредственно на открытый контур-антенну. Более поздние конструкции имели промежуточный контур. В настоящее время, в связи с увеличением мощности передатчиков и более строгими правилами в отношении паразитных излучений, передатчики обычно имеют на выходе несколько колебательных контуров.

Применение мачт-антенн привело к необходимости подводить к ним высокочастотную энергию с помощью фидера. На конце фидера часто применяют ещё один контур для связи с антенной.

Различные варианты применяемых схем для средневолновых передатчиков, начиная с самых простых, приведены на рис. VII.21. В схемах 1, 2 и 3 снижение антенны введено непосредственно в здание. В схемах 4, 5 и 6 применено питание антенны фидером.

Настройку мощной ступени (схема 2) ведут, начиная с антенны. Антенна настраивается на рабочую волну. Это можно сделать, возбуждая антенну ламповым гетеродином. Затем при пониженном анодном напряжении включают последнюю ступень передатчика, настраивают и нейтрализуют её. При правильной настройке в момент резонанса анодный амперметр покажет минимум, а сеточный — максимум тока. Минимум анодного и максимум сеточного токов должны наступать одновременно при вращении штурвала настройки. После этого слабо связывают антенну с контуром и, усиливая связь, добиваются подбором режима требуемой мощности в антенне.

Антенный контур настраивается на максимальное показание антенного прибора. Анодный контур настраивается на минимальное показание прибора, измеряющего анодный ток лампы.

Изменяя анодную связь, добиваются наивыгоднейшего подбора сопротивления контура. При изменении связи с антенной изменяется вносимое сопротивление, что влечёт за собой изменение эквивалентного сопротивления контура. Поэтому приходится делать ряд последовательных подстроек, изменяя связь с антенной и затем проверяя правильность выбора анодной связи, например, путём перестановки щупа связи. Весьма облегчает настройку наличие статического вольтметра. Может быть также использован ламповый вольтметр, включённый при помощи ёмкостного делителя напряжения. Вольтметр включается параллельно виткам анодной связи и непосредственно показывает значение колебательного напряжения.

Колебательную мощность можно также увеличить за счёт изменения угла отсечки, для чего изменяют связь сеточного контура с предыдущей ступенью и варьируют напряжение смещения и возбуждения. Чем больше подаваемое напряжение возбужде-

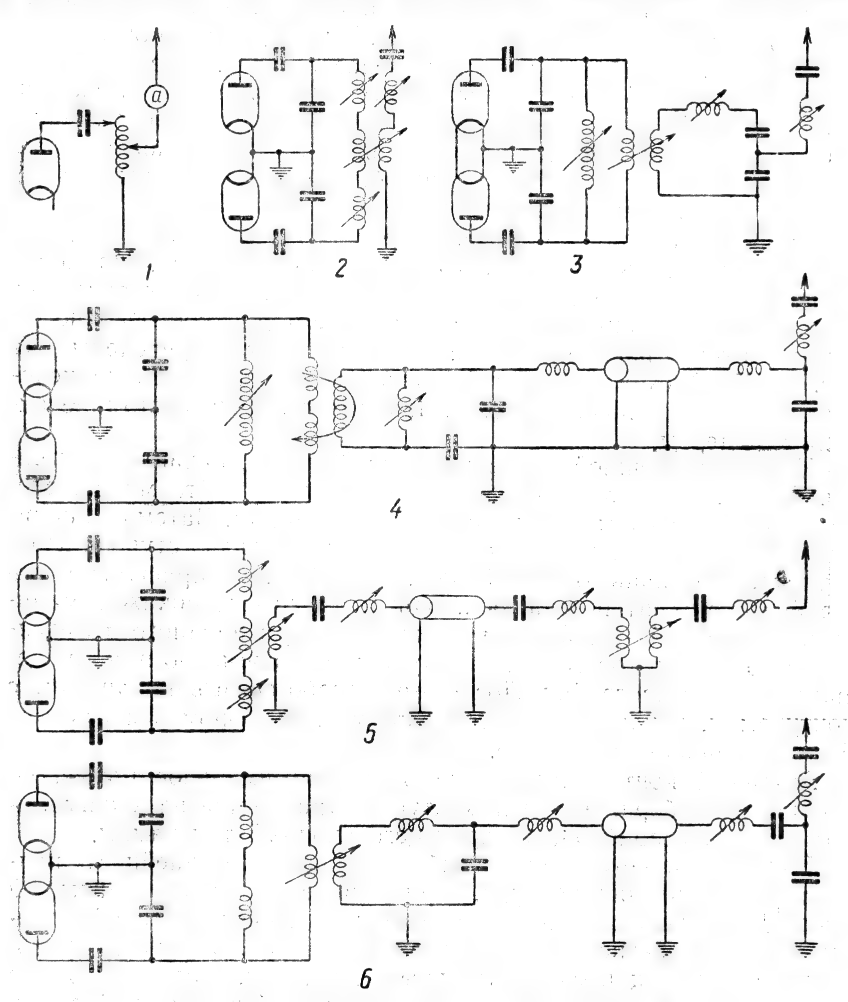


Рис. VII.21. Варианты схем связи с антенной

ния, тем более глубоким становится минимум анодного тока. Резкость спадания показаний анодного прибора характеризует степень перенапряжённости режима и зависит также от сопротивления анодного контура; чем больше R_a, тем глубже минимум тока.

Если сильно связать контур с антенной, то вносимое в контур сопротивление увеличится, полное сопротивление R_{oe} упадёт и режим передатчика будет менее перенапряжённым или даже недонапряжённым. Спадание показаний анодного прибора сильно уменьшается, так как значение колебательного напряжения также падает.

При таком режиме нельзя получить хорошего кпд. Вместе с тем, при резком спадании показаний прибора нельзя получить большую колебательную мощность, хотя кпд при этом и растёт.

Следовательно, необходимо найти промежуточный режим с хорошим кпд и с достаточной колебательной мощностью. Это достигается изменением возбуждающего напряжения, подбором характеристики контура и связи с антенной. Получаемую колебательную мощность и кпд измеряют калориметрическим методом. Если полученный кпд мал, то увеличивают возбуждение, уменьшают связь с антенной и увеличивают R_{oe}.

При настройке передатчика необходимо также иметь в виду следующие особенности: если питание антенны осуществляется через фидер, то последний, будучи настроен на бегущую волну, представляет собой для передатчика чисто активную нагрузку. При увеличении связи с контуром в фидер будет перекачиваться больше энергии. В мощной ступени увеличение связи с фидером будет сопровождаться увеличением анодного тока и уменьшением сеточного. При очень большой связи напряжённость режима сильно упадёт и сеточный ток может даже изменить своё направление на отрицательное. В этом случае связь следует несколько ослабить. Обрыв антенны соответствует снятию нагрузки, и в мощной ступени при этом обычно устанавливается перенапряжённый режим. Так как вторичный контур влияет частично на настройку анодного контура, то обрыв антенны может внести расстройку в анодный контур и, в этом случае анодный ток будет расти, а не падать.

Фидер, не настроенный на бегущую волну, представляет собой комплексное сопротивление, поэтому при нарушении настройки фидера вносимое в анодный контур сопротивление изменяется, и необходимо изменить связь, чтобы восстановить режим передатчика.

При слабой связи с антенной минимум анодного тока очень глубок, сеточные токи значительны, колебательное напряжение велико, появляются факельные истечения электричества и пробои на землю, поэтому обрыв антенны сопровождается иногда сгоранием предохранителей.

В мощных ступенях коротковолновых передатчиков обычно применяются симметричные схемы. Электрическая симметричность схемы в эксплуатации часто нарушается, лампы, включён-

ные в противоположные плечи, грузятся неодинаково. Причинами этого могут быть:

1) плохой подбор ламп по параметрам. Следует поменять лампы местами и посмотреть, не сохраняются ли при этом прежние показания приборов. Если показания не изменились, причину асимметрии следует искать в самой схеме;

2) асимметрия антенного устройства. Для проверки уменьшают анодное напряжение и отсоединяют фидер от передатчика. Если асимметрия исчезнет, то необходимо проверить настройку и состояние изоляции антенны;

3) плохая нейтрализация схемы или неравенство возбуждающих напряжений;

4) конструктивно несимметричный монтаж схемы: включено неодинаковое число пластин анодного конденсатора, соединительные провода имеют разную длину, неправильно взята связь с антенной или связь с анодом лампы, проводники несимметрично расположены по отношению к окружающим деталям и т. д.

По окончании настройки приступают к проверке других электрических характеристик передатчика (снимают частотную и амплитудные характеристики, проверяют форму телеграфного сигнала и т. д.).

Интересно рассмотреть следующий практический вопрос: как правильно настроить промежуточный контур и антенну? Опыт показывает, что можно получить целый ряд различных настроек. Например, настроив антенну на максимум тока, а промежуточный контур на минимум анодного тока, можно затем, изменяя настройку антенны вариометром, получить новое максимальное показание антенного прибора. Если такую настройку производить несколько раз, можно получать различные результаты.

Для определения правильного положения органов настройки поступают следующим образом. Настраивают передатчик как было описано выше. При отсоединённой антенне настраивают в резонанс анодный контур. При слабой связи антенны с контуром настраивают её в резонанс. Затем усиливают связь и проверяют резонансную настройку антенны. Изменяя положение вариометра антенны, определяют отношение тока антенны к току анодного контура — $\frac{I_A}{I_к}$ и находят его максимум, снимая зависимость $\frac{I_A}{I_к} = f(\alpha^0)$, где — α деления на шкале вариометра. Для получения правильных результатов штурвал вариометра вращают только в одну сторону, чтобы исключить мёртвый ход передаточного механизма.

Найдя максимум отношения $\frac{I_A}{I_к}$, оставляют вариометр в положении резонанса и подстраивают первый контур по минимуму

показаний анодного прибора. При этом антенный контур будет настроен в резонанс, а промежуточный контур будет представлять собой для лампы чисто активную нагрузку.

При изменении величины связи с антенной изменяется сопротивление, вносимое в промежуточный контур. Большая связь увеличивает вносимое сопротивление, отчего падает напряжённость режима лампового генератора. Если увеличение связи создаётся для получения достаточной мощности в антенне, то напряжённость режима можно повысить увеличением $R_{\alpha} = \frac{L}{CR_{к}}$ за счёт отношения $\frac{L}{C}$. В коротковолновых передатчиках это не всегда возможно и поэтому необходимое усиление достигается, обычно, подбором сеточных напряжений смещения и возбуждения.

VII.11. Настройка мощной ступени с несколькими колебательными контурами

В более сложных средневолновых передатчиках схема мощной ступени имеет не один, а несколько промежуточных контуров, причём антенна питается через фидер. Пример такого выходного устройства показан на рис. VII.22. В нём, кроме анодного контура, имеется ещё первый и второй промежуточные контуры, контур для согласования выхода с фидером, контур для согласования фидера с антенной, контур антенны. Всего 6 контуров.

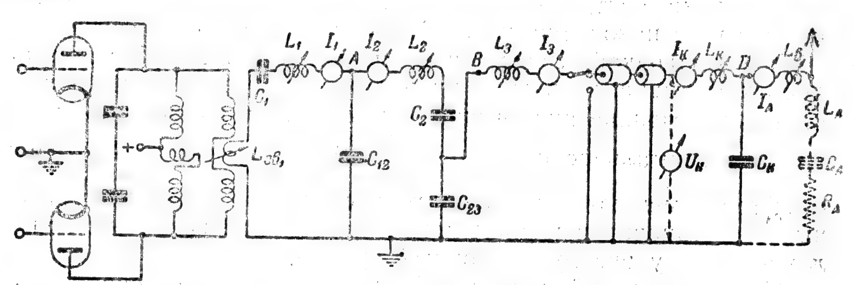


Рис. VII.22. Схема выходного устройства

Для настройки этой сложной схемы отсоединяют все контуры, кроме анодного, и настраивают его обычным образом по минимуму анодного тока, затем подключают первый промежуточный контур, отсоединяя остальные в точке A, и при пониженном анодном напряжении и самой слабой связи настраивают первый промежуточный контур в резонанс. Так как контуры разгружены,

токи в них могут иметь большие значения. Поэтому следует очень медленно изменять L_1, помня, что кривая резонанса незагруженного контура имеет очень острую форму. Приборы в контурах, если это необходимо, заменяют более чувствительными. Связь $L_{св1}$ с ламповым контуром делают очень слабой во избежание пробоя конденсаторов в незагруженном контуре. Контурные конденсаторы целесообразно предохранить от пробоя установкой параллельно им небольших искровых разрядников.

Закончив настройку, подключают второй контур в точке A при отсоединённой в точке B дальнейшей цепи. Вращением вариометра L_2 производят настройку контура, не изменяя настроек в анодном и первом промежуточном контурах. Так как в данном случае связь с предыдущим контуром установлена постоянной, возможен случай, когда второй контур будет воздействовать на первый и при подходе к моменту резонанса ток в первом контуре начнёт падать. Это не позволит настроить контур в резонанс при помощи показаний прибора I_2 и необходимо вести настройку по максимуму отношения $\frac{I_2}{I_1}$.

Для настройки заменяют грубый эксплуатационный прибор в первом контуре более чувствительным. При настройке записывают одновременно показания приборов I_1 и I_2, деления вариометра L_2 и определяют положение вариометра, соответствующее максимуму отношения токов. Для этого строят кривую $\frac{I_2}{I_1} = f\ (\alpha^c)$ и устанавливают положение резонанса.

Закончив настройку, подключают выходной контур и замыкают у него накоротко средний провод фидера с внешней заземлённой оболочкой. Заземление следует выполнять несколькими короткими параллельными проводами. Далее настраивают этот контур в резонанс аналогично предыдущему, изменяя L_3 и определяя максимальное отношение $\frac{I_3}{I_2}$. Для получения необходимых отсчётов заменяют прибор во втором контуре более чувствительным, восстановив в первом контуре, где ток возрастает, принадлежащий ему эксплуатационный прибор.

Настроив третий контур, отсоединяют землю от среднего фидерного проводника и на этом настройку в здании передатчика заканчивают, переходя в антенный павильон.

Настройка в антенном павильоне состоит из трёх отдельных этапов. Сначала настраивается антенный контур, затем подбирается величина связи $x_к$, после чего производится согласование входного сопротивления промежуточного контура с волновым сопротивлением фидера.

В момент точной настройки антенного контура его сопротивление имеет минимальное значение, равное активному сопротив-

лению R_A. При этом сопротивление R', вносимое антенным контуром в промежуточный контур, будет максимально и равно:

$$R' = \frac{x_к^2}{R_A}.$$

Ток в антенном контуре достигает своего максимального значения, а ток в промежуточном контуре — минимального значения. Отношение $\frac{I_A}{I_к}$ будет максимально и равно

$$\frac{I_A}{I_к} = -i\frac{\frac{1}{\omega C_к}}{R_A} = A_{макс}.$$

Ток I_A, как следует из выражения выше, сдвинут по отношению к $I_к$ на 90°, так как потерями в конденсаторе связи практически можно пренебречь.

Обозначив $\frac{1}{\omega C_к}$ через $x_к$, имеем

$$R_A = \frac{x_к}{A_{макс}}.$$

Настройку ведут следующим образом. При пониженном анодном напряжении подают высокочастотную энергию по фидеру в антенный павильон. Вращая вариометр $L_в$, ориентировочно определяют положение резонанса антенны. После этого определяют точку резонанса более точно. Для этого, вращая вариометр $L_в$, записывают одновременно показания приборов I_A и $I_к$ и определяют максимум отношения $\frac{I_A}{I_к}$.

Измерив одним из известных способов величину ёмкости $C_к$, определяют для рабочей волны величину $x_к = \frac{530\lambda^м}{C_к^{мкмкф}}$ и, подставляя в равенство $R_A = \frac{x_к}{A_{макс}}$, находят значение R_A. После этого по величине R_A можно установить необходимую величину $x_к$.

Подбор величины $x_к$ ведётся таким образом, чтобы сопротивление, вносимое антенным контуром R', равнялось волновому сопротивлению фидера $Z_ф$.

Так как $R' = \frac{x_к^2}{R_A}$, то при $R' = Z_ф$.

$$\frac{x_к^2}{R_A} = Z_ф, \text{ откуда } x_к = \sqrt{Z_ф R_A}.$$

Зная $Z_ф$ — волновое сопротивление фидера из расчёта (по известным конструктивным данным), зная R_A находят величину $x_к$ и значение $C_к = \frac{530\gamma}{\sqrt{R_A Z_ф}}$ *пф*. Устанавливают необходимое значение конденсатора связи, вновь производят настройку антенны в резонанс и определяют по вычисленному $x_к$ и измеренному отношению $\frac{I_A}{I_к}$ сопротивление, вносимое антенным контуром:

$$R' = x_к \frac{I_A}{I_к}.$$

Оно должно быть близко к $Z_ф$. Если расхождение велико, изменяют несколько величину ёмкости и повторяют определение R'. Подгонка величин R' и $x_к$ упрощается, если сначала одним из обычных методов измерить сопротивление антенны R_A и затем по величине $\frac{I_A}{I_к}$ и измеренному R_A найти нужное значение $x_к$:

$$x_к = \frac{I_A}{I_к} R_A.$$

При ёмкостной связи

$$x_к = \frac{1}{\omega C_к},$$

откуда

$$C_к^{пф} = \frac{530\lambda^м}{x_к^{ом}}.$$

Установив нужную ёмкость, находят вновь резонанс антенны и вычисляют величину R'. Если величина R' удовлетворяет равенству

$$R' = Z_ф,$$

отключают в точке $Д$ настроенную антенну, представляющую собой чисто омическое сопротивление и подключают между средним проводом фидера и его внешними проводниками статический вольтметр. Подстраивают выходной контур, компенсируя ёмкостную слагающую при помощи изменения $L_к$. Настройку производят по минимуму показаний вольтметра. При последовательном резонансе напряжение в момент настройки минимально. Вольтметр может быть заменён обычной лампой накаливания и резонанс определён по минимуму её свечения. После этого подключают антенну, удаляют временные приборы и восстанавливают основную схему. Медленно поднимают анодное напряжение,

усиливая связь $L_{св_1}$ и наблюдают за показаниями приборов в анодной цепи ламп и в анодном контуре.

Ток в антенне должен равняться

$$I_A = \sqrt{\frac{P_A}{R_A}},$$

а ток в фидере

$$I_к = \sqrt{\frac{P_ф}{Z_ф}}.$$

Ток на входе фидера должен быть равен току на выходе.

Приборы необходимо предварительно проградуировать. Если наблюдается расхождение в их показаниях, то вновь проверяют настройку антенны, добиваясь равенства показаний приборов (с точностью до 10%).

По достижении хорошего согласования определяют мощность в антенне при нормальном анодном напряжении.

Если изменением связи $L_{св_1}$ не удаётся получить необходимую мощность, подбирают R_x первого контура, не меняя настройки остальных контуров.

При плохом согласовании антенны с фидерным контуром на фидере устанавливается малый коэффициент бегучести. Появляются пучности тока и напряжения и могут возникнуть опасные для целости фидера перенапряжения.

Особенно точного соблюдения правил настройки и тщательности её проведения требуют высокочастотные кабельные фидеры, где пробои ликвидируются с большим трудом.

VII.12. Измерительная аппаратура для настройки связанных контуров

Описанные выше методы настройки многоконтурных схем хотя и не являются сложными, но требуют многочисленных последовательных операций. В случае необходимости перевода передатчика с одной волны на другую затрачивается длительное время на перестройку передатчика. Кроме того, последовательная настройка контуров связана с временным их отсоединением, включением более чувствительных приборов, проведением расчётов и т. д., что естественно, не удобно в оперативной рабочей обстановке. Поэтому для целей упрощения настройки передатчика разработан ряд приборов, автоматически устанавливающих момент правильного сопряжения контуров и их настройки.

В основу создания приборов положено то обстоятельство, что моменту правильной настройки соответствует максимальное отношение $\frac{I_A}{I_к}$. Если пренебречь потерями в индуктивностях и в кон-

денсаторе связи, то в этот момент комплексное сопротивление антенного контура будет чисто активным и ток в антенном контуре будет сдвинут на 90° по отношению к току в колебательном контуре.

Это правило применимо вообще к любым двум связанным контурам. При настройке второго контура в резонанс с первым токи в контурах будут сдвинуты практически на 90°. Поэтому правильность настройки определяется углом сдвига в 90°. Для измерения угла сдвига разработан прибор — фазоиндикатор.

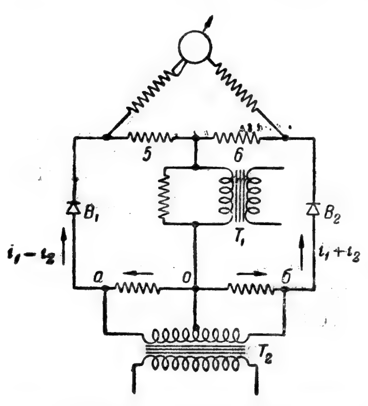


Рис. VII.23. Схема фазоиндикатора

Такими приборами оснащены некоторые из наших средневолновых станций и их наличие весьма облегчает проведение и значительно сокращает время настройки.

Схема устройства фазоиндикатора приведена на рис. VII.23.

Трансформатор тока T_1 включается первичной обмоткой в один колебательный контур. Трансформатор тока T_2 включён в другой контур, связанный с первым. Гальванометр измеряет напряжения постоянного тока, возникающие на равных сопротивлениях *5* и *6* при выпрямлении высокочастотного тока выпрямителями B_1 и B_2. Схема действует следующим образом. Напряжение переменного тока вторичной обмотки трансформатора T_2 создаёт через выпрямители последовательные импульсы тока i_2. При этом в первый полупериод ток идёт через сопротивление *5* и вентиль B_1, а во второй полупериод — через сопротивление *6* и вентиль B_2. На сопротивлениях *5* и *6* возникнут равные, но направленные навстречу друг другу напряжения постоянного тока. Гальванометр не даст отклонения. Если напряжение высокой частоты будет приложено только к трансформатору T_1, то напряжение на вторичной обмотке, создавая последовательные импульсы тока i_1 через сопротивления *5* и *6*, также создаст равные и противоположные напряжения постоянного тока и гальванометр не отклонится. При одновременном совместном действии напряжений вторичных обмоток T_1 и T_2 очевидно через каждый вентиль будет проходить ток, пропорциональный геометрической сумме этих напряжений.

На сопротивлениях *5* и *6* возникнут напряжения постоянного тока противоположного знака. Если напряжения не равны друг другу, то гальванометр даст отклонение, показывая разность их.

Напряжения на сопротивлениях *5* и *6* будут равны только в том случае, если сдвиг фаз между двумя эдс и, следовательно, между токами i_1 и i_2 будет составлять 90° (рис. VII.24*а*). Если угол больше или меньше 90°, результирующая эдс, посылающая импульс через вентиль B_1, не будет равна эдс, действующей на

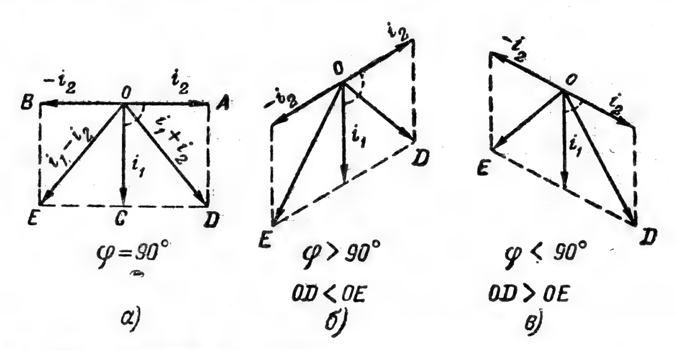


Рис. VII.24. Векторные диаграммы процессов в фазоиндикаторе

вентиль B_2, т. е. вектор *OE* не будет равен вектору *OD* (рис. VII.24 *б* и *в*). Это объясняется тем, что напряжение на вторичной обмотке трансформатора T_2, между точками *аб*, может рассматриваться как состоящее из двух равных напряжений, приложенных одно к *ао* и другое к *об*. Каждое из напряжений создаёт ток i_2. При этом в правой половине будет протекать геометрическая сумма тока $i_1 + i_2$, а в левой — геометрическая разность токов $i_1 - i_2$, так как эдс здесь направлены навстречу друг другу.

Если эти токи равны между собой и имеют сдвиг в 90°, то гальванометр стоит на нуле. При изменении угла сдвига баланс нарушается и гальванометр покажет отклонение.

Геометрические сумма и разность токов могут быть равны друг другу только при сдвиге фазы между ними в 90°. При этом прибор будет показывать правильно при любом соотношении амплитуд, так как увеличение тока в первом контуре создаёт увеличение составляющих i_1, входящих и в сумму и в разность токов соответствующих плеч. Увеличение тока во втором контуре даёт увеличение вектора i_2, также равномерно входящего в сумму и разность токов.

Таким образом, прибор реагирует только на фазу между токами в контурах. При этом безразлично, будет ли связь между контурами индуктивной, ёмкостной или смешанной. В многоконтурной схеме фазоиндикатором можно настраивать любые два контура независимо от состояния настройки в других контурах.

Это обстоятельство создаёт дополнительные удобства при настройке.

Монтажная схема фазоиндикатора приведена на рис. VII.25. Момент резонанса определяется положением стрелки прибора на нуле в центре шкалы. Переключатель *П* служит для периодического контроля исправности схемы при переключении его в положение *1 — 1* и *2 — 2*. В рабочем положении фазоиндикатора переключатель стоит в положении *3 — 3* на холостых контактах. При положениях *1 — 1* и *2 — 2* стрелка прибора должна стоять на нуле. Если этого нет, то симметрия в схеме нарушена и необходимо заменить неисправную деталь.

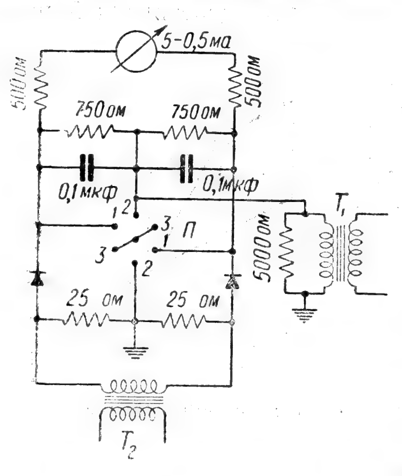


Рис. VII. 25. Монтажная схема фазоиндикатора

Включение фазоиндикатора показано на рис. VII.26. Трансформаторы фазоиндикатора $П_1$—T_1 и T_2 включены один в цепь тока антенны и другой в цепь тока контура.

Настройку антенны ведут при помощи вариометра L_a, добиваясь нулевого показания гальванометра фазоиндикатора. Затем

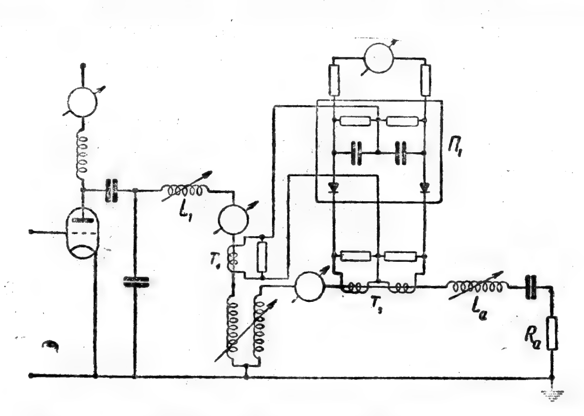


Рис. VII.26. Схема включения фазоиндикатора

при помощи вариометра L_1 настраивают промежуточный контур по минимальному показанию прибора в анодной цепи ламп.

Изменение L_1 не будет влиять на баланс моста, так как он не реагирует на изменение амплитуды $I_к$. В случае необходимости изменяют связь между контурами и повторяют настройку.

Конструктивно фазоиндикатор может быть осуществлён с сухими выпрямителями, или с двумя термоэлементами, вторичные цепи которых входят в состав цепи гальванометра.

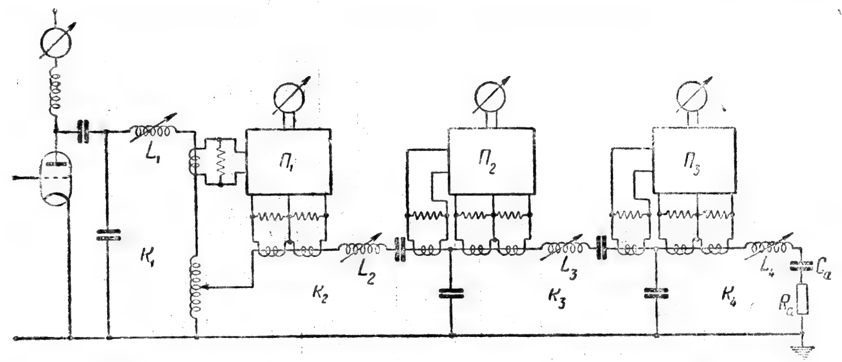


Рис. VII.27. Включение фазоиндикаторов в многоконтурных схемах

В многоконтурных схемах число фазоиндикаторов увеличивают, беря их количеством на один меньше, чем число контуров (рис. VII.27). При этом настройку обычно ведут, начиная с антенного контура и последовательно переходят от одного контура к другому. Настраивают по фазоиндикатору $П_3$ контур K_4, изменяя индуктивность L_4, затем контур K_3 по прибору $П_2$ с помощью индуктивности L_3 и т. д.

Этим же прибором можно воспользоваться и для облегчения других операций по настройке. Так, в случае питания антенны по фидерной линии необходимо иметь точную настройку антенного и фидерного контуров с тем, чтобы нагрузка на конце фидера была чисто активной. В этом случае фидер как бы замкнут на конце сопротивлением и напряжение $U_ф$ на нём будет в фазе с током $I_ф$. Правильность настройки фидерного и антенного контуров будет определяться отсутствием сдвига фазы между $U_ф$ и $I_ф$. Так как фазоиндикатор измеряет сдвиг в 90°, то схема его включения для данного случая изменяется созданием искусственного сдвига в 90° при помощи ёмкости C_3 и сопротивления R_1 (рис. VII.28).

Фазоиндикатор включён таким образом, что в трансформаторе T_2 индуктируется слагающая тока, пропорциональная току в контуре; слагающая, пропорциональная напряжению на кон-

туре снимается с сопротивления $R_1 = 25\Omega$, включённого последовательно с ёмкостью $C_3 = 20$ *мкмкф*. При этом $\frac{1}{\omega C_3} \gg R_3$.

Падение напряжения на R_1 сдвинуто по фазе на 90° по отношению к напряжению на C_3, а следовательно, и к напряжению на выходе фидера.

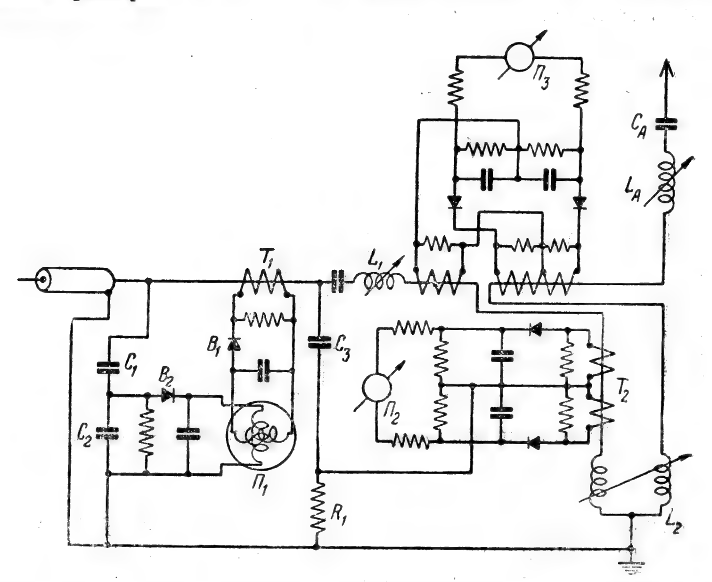


Рис. VII.28. Схема включения фазоиндикатора с искусственным сдвигом фаз

Настройку антенны и фидерного контура ведут сначала при помощи фазоиндикатора $П_3$ и вариометра L_A, настраивая антенный контур в резонанс по нулевому показанию прибора фазоиндикатора. Затем при помощи вариометра L_1 подстраивают фидерный контур, добиваясь нулевого показания фазоиндикатора $П_2$.

При этом, однако, в фидере может появиться отражение электрической волны из-за несогласованности при резонансе сопротивления, включённого на конце фидера и волнового сопротивления фидера.

Подбор необходимого сопротивления колебательного контура осуществляется изменением связи с антенным контуром. Для этой цели разработан специальный прибор, измеряющий сопротивление и позволяющий быстро найти необходимую величину связи фидерного контура с антенным.

Так как входное сопротивление фидера $Z_ф$, определяется соотношением $U_ф$ и $I_ф$, то прибор, измеряющий входное сопротив-

ление, основан на измерении взаимодействия двух токов, из которых один пропорционален току фидера, а второй — напряжению на фидере.

Прибор $П_1$ (рис. VII.28) включён таким образом, что слагающая, пропорциональная $I_ф$, создаётся при помощи трансформатора тока T_1 и выпрямителя B_1. Слагающая, пропорциональная напряжению на фидере, снимается с ёмкостного делителя, состоящего из конденсаторов C_1 и C_2. Полученное напряжение выпрямляется выпрямителем B_2. Выпрямленные токи проходят каждый через отдельную обмотку прибора $П_1$.

Обмотки прибора расположены перпендикулярно друг к другу и так, что токи, протекающие через них, действуют на механизм прибора в взаимно противоположных направлениях. Если ток в одной обмотке действует на обмотку прибора, заставляя её поворачиваться слева направо при увеличении напряжения на фидере, то во второй обмотке ток с увеличением напряжения в фидере поворачивает стрелку обратно, справа налево. Таким образом, стрелка находится под влиянием двух противоположных сил и прибор будет показывать отклонение $Z_ф = \frac{U_ф}{I_ф}$. Шкала прибора градуируется прямо в омах.

Имея три прибора, показанные на схеме рис. VII.28, осуществляют настройку, используя индуктивности L_A, L_1 и L_2 в следующем порядке:

При пониженном анодном напряжении настраивают антенный контур, пользуясь вариометром L_A и фазоиндикатором $П_3$. Затем, изменяя L_2, подбирают по прибору $П_1$ необходимую связь с антенной и подстраивают при помощи L_1 и индикатора $П_2$ фидер. Медленно поднимают анодное напряжение до получения номинальной мощности и производят необходимую подрегулировку настройки, двигаясь от антенны к первому контуру.

Фазоиндикатор может быть применён также и для определения кпд выходной ступени. Как известно, кпд ламповой ступени определяется выражением

$$\eta = \frac{I_A^2 R_A}{E_a I_a},$$

где E_a и I_a — анодные напряжение и ток.

Полагая R_A и E_a постоянными, что может быть в обычных условиях допущено, получим:

$$\eta = \kappa \frac{I_A^2}{I_a}.$$

Следовательно, описанный выше прибор может быть использован и для измерения кпд, но при условии, что к его обмоткам

подведены слагающие, пропорциональные, с одной стороны, I_A^2 и с другой — I_a. Для осуществления этого применяют квадратичный детектор (например, термопару), включая его по схеме рис. VII.29 в цепь антенны.

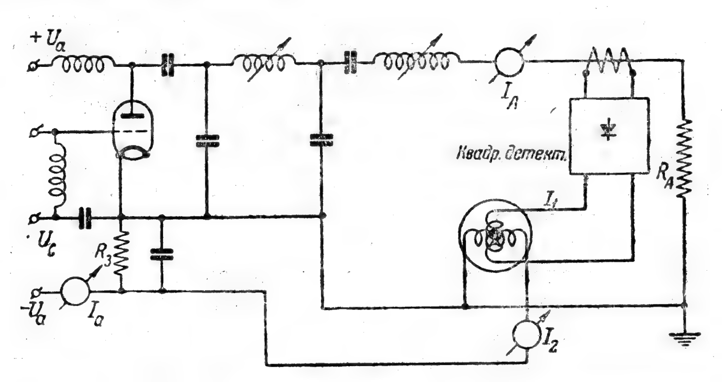


Рис. VII.29. Схема включения квадратичного детектора

Выпрямленный ток I_1 будет пропорционален I_A^2. Вторую слагающую I_2 получают, снимая напряжение с сопротивления R_3, включённого в анодную цепь между минусом выпрямителя и землёй. Эта слагающая пропорциональна анодному току.

Прибор будет показывать отношение двух токов I_1 и I_2, а следовательно, и отношение

$$\eta = \kappa \frac{I_A^2}{I_a}.$$

Настройка анодного контура на необходимое значение кпд производится подбором E_c U_c и R_a по показаниям измерителя коэффициента полезного действия.

Следует иметь в виду, что шкала прибора может быть отградуирована непосредственно в значениях η, но только для определённого E_A и R_A. Однако прибор всегда может служить в качестве индикатора, так как на всех рабочих частотах он будет давать отклонение, пропорциональное росту величины кпд.

VII.13. Измерение колебательной мощности передатчика

Если на радиоцентре нет прибора для непосредственного измерения колебательной мощности передатчика, то на длинноволновых и средневолновых передатчиках мощность можно определять вычислением по показаниям амперметра в антенне и по измеренной ранее величине сопротивления антенны.

На длинных и средних волнах сопротивление антенны измеряется методом добавочного сопротивления с помощью следующей аппаратуры: лампового гетеродина, магазина высокочастотных сопротивлений, лампового вольтметра или термоприбора, Схема измерений показана на рис. VII.30.

Гетеродин должен позволять быструю перестройку на разные волны в измеряемом диапазоне. Высокочастотные сопротивления должны быть безиндукционными и безъёмкостными. Максимально допустимый для этих сопротивлений ток не должен изменять их значений. Для связи с гетеродином в антенну включается один виток толстой проволоки. С витком связан непосредственно или индуктивно ламповый вольтметр. Связь во время измерений должна оставаться неизменной. Промежуточный контур и контуры ближайших ступеней передатчика следует разомкнуть во избежание паразитных влияний.

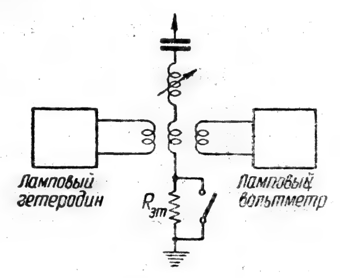


Рис. VII.30. Схема измерения сопротивления антенны

Для измерения включают гетеродин, настраивают его на рабочую волну и связывают слабо с антенной. Настраивают антенну в резонанс по показаниям лампового вольтметра. Выключают гетеродин и проверяют исчезновение тока в антенне. Показания вольтметра при этом свидетельствуют о том, что в антенне наводится энергия другими передатчиками; это делает невозможным производство измерений. Если таких явлений нет, то включают гетеродин вновь и, размыкая антенну, проверяют, нет ли показаний вольтметра. Наличие показаний означает прямое воздействие гетеродина на вольтметр. В этом случае связь гетеродина с витком связи необходимо ослабить. Затем приступают непосредственно к измерениям. Включают антенну, проверяют настройку и записывают показания вольтметра и показания выходного прибора гетеродина сначала при замкнутом накоротко, а затем при включённом добавочном эталонном сопротивлении $R_э$. Сопротивление антенны определится как

$$R_A = R_э \frac{U_2}{U_1 - U_2},$$

где U_2 и U_1 — показания вольтметра при обоих измерениях.

Для большей точности измерения повторяют при различных сопротивлениях. Наиболее правильные измерения получаются, если эталонное сопротивление взято одного порядка с измеряемым.

При измерении предполагается, что электродвижущая сила генератора за всё время измерений остаётся постоянной. В противном случае необходимо ввести поправки.

Если при втором измерении показание прибора гетеродина изменилось, то в формулу для значений U_2 подставляется значение $U_3 = U_2 \frac{I_1}{I_2}$, где I_1 и I_2 — показания прибора гетеродина.

Сопротивление антенны вычисляется как среднее из ряда измерений с различными $R_э$. Измерения следует повторить аналогичным образом для нескольких волн. Полученная зависимость $R_A = f(\lambda)$ в нормальных условиях имеет вид плавной кривой. Если же, например, оттяжки, трос в данной антенной системе или другие соседние антенны при определённой частоте резонируют, то на кривой появляются горбы, свидетельствующие о наличии паразитных контуров, поглощающих энергию. В практике отмечены и другие многочисленные случаи выявления причин, мешающих нормальной работе передатчика. путём проведения тщательных измерений и снятия указанной зависимости. Если в процессе измерений наблюдаются скачки в показаниях приборов, это свидетельствует о неисправности в такелаже антенной системы.

При достаточной мощности гетеродина ламповый вольтметр может быть заменён термоприбором, непосредственно включённым в антенну. В этом случае сопротивление прибора должно быть вычтено из полученной величины сопротивления антенны.

В качестве гетеродина можно использовать маломощные ступени передатчика. Для этой цели включают одну или несколько ступеней передатчика и связывают с последней из них антенный контур.

Очень удобным и быстрым методом измерения сопротивления длинноволновой антенны является метод вольтамперметра. Он имеет преимущество перед первым методом в том, что измерение производится при нормальном токе в антенне. Используются ламповый или статический вольтметр и эталонный термоприбор. Схема измерения показана на рис. VII.31.

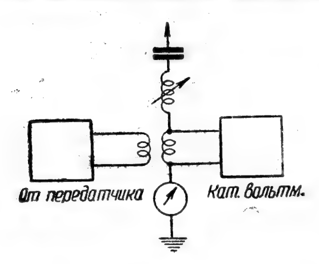


Рис. VII.31. Схема измерения сопротивления антенны методом вольтамперметра

Антенна связывается индуктивно с промежуточным контуром передатчика. Связь берётся нормальная, применяемая для работы. Вольтметр измеряет напряжение, индуктируемое на катушке связи промежуточным контуром. Слегка расстраивая антенну в обе стороны от резонанса, записывают показания приборов.

Минимум отношения $\frac{U}{I}$ будет соответствовать точной настройке антенны и сопротивление антенны определится, как:

$$R_A = \frac{U}{I} .$$

Если в схему был включён дополнительно эталонный прибор, то его сопротивление должно быть вычтено из полученного значения R_A

Метод даёт правильные результаты только в том случае, если нет паразитных связей контура с антенной. Для учёта их влияния измерение повторяют дважды. По окончании первого измерения поворачивают катушку связи на 180° и вновь производят все измерения. Полученное новое сопротивление будет несколько отличаться по своей величине от измеренного ранее. Действительное сопротивление антенны будет равняться среднему из двух измерений:

$$R_A = \frac{R'_A + R''_A}{2} ,$$

Используя оба метода: добавочного сопротивления и вольтамперметра, можно попутно выполнить градуировку теплового амперметра в антенне, пользуясь соотношениями:

$$P_A = \frac{U^2_{св}}{R_A} = I^2_A R_A; \ I_A = \frac{U_{св}}{R_A} ,$$

Градуировку ведут следующим образом. Сначала измеряют при помощи добавочного сопротивления и лабораторного амперметра сопротивление антенны R_A. Изменяя мощность в антенне, повторяют измерение и проверяют, сохраняется ли значение R_A постоянным при изменении мощности.

Если R_A постоянно, то переходят к измерениям с большой мощностью, включая параллельно виткам связи колебательного контура с антенной вольтметр и заменяя лабораторный амперметр градуируемым. Дальнейшие измерения ведут по методу вольтметра-амперметра. Зная R_A по измерению первым методом и $U_{св}$ по показанию вольтметра, определяют:

$$I_A = \frac{U_{св}}{R_A} .$$

Изменяя величину мощности в антенне, получают дополнительные точки для градуировочной кривой к антенному амперметру.

Перед измерениями подбирается вольтметр с требуемой шкалой. Для этого сначала ориентировочно определяется порядок измеряемого напряжения по выражению:

$$U = I_A R_A,$$

где желаемое I_A устанавливается снижением анодного напряжения на лампах передатчика, а R_A известно из предварительного расчёта. Если при пробном включении шкала вольтметра будет использована неполностью, можно увеличить анодное напряжение до нормальных значений.

Преимущество данного метода, измеряющего сопротивление антенны при действительных рабочих значениях тока и напряжения в антенне, можно иллюстрировать следующим примером.

При измерении сопротивления одной из антенн обнаружилось, что по методу с дополнительным эталонным сопротивлением было получено значение $R_A = 5{,}7$ *ом;* метод же вольтамперметра дал $R_A = 7{,}7$ *ом.* Так как мощность в антенне определяется произведением $I_A^2 R_A$, то при одном и том же рабочем токе мощность в антенне в первом случае оказалась на 26% меньше, чем во втором.

Причина расхождения была выявлена по окончании 20-часового прогона передатчика, когда при тщательном осмотре обнаружилось сильное нагревание пола под антенной катушкой, обусловленное потерями в железобетонной конструкции здания. Катушка была приподнята над полом и новые измерения показали почти полное совпадение обоих методов.

Колебательную мощность, создаваемую лампами последней мощной ступени, можно измерить непосредственно с помощью теплового или калориметрического метода.

Тепловой метод пригоден для измерений как при средних, так и при коротких волнах и применяется в нескольких вариантах.

Измерения производятся с помощью рабочих приборов передатчика. При особо важных измерениях рабочие приборы заменяются другими, более точными.

Метод заключается в определении колебательной мощности по разности:

$$P = P_0 - P_a,$$

где P_0 — мощность, подводимая к анодам ламп последней ступени,

P_a — мощность потерь, отводимая в виде тепла водой охлаждающей лампу.

Измерение P_0 производится по показаниям приборов анодного тока и напряжения. Для определения P_a необходимо измерить отходящее тепло.

Ниже описываются два варианта теплового метода.

По первому варианту включают в схему измерений необходимые приборы, если их нет в рабочей схеме: анодный вольтметр постоянного тока, амперметр, учитывающий суммарный анодный ток ламп последней ступени, термометры, учитывающие температуру входящей и выходящей воды (можно воспользоваться одним термометром), водомер для определения постоянства скорости и количества охлаждаемой воды или манометр для определения постоянства давления и секундомер.

Перед началом измерений отсоединяют в последней ступени провода, идущие к колебательному контуру и к предыдущей ступени. Отключают питание ламп, не нарушая режима подачи анодного напряжения и напряжения смещения. Включают накал ламп и подают постоянное смещение на сетку. Наблюдают за температурой выходящей воды. По установлении теплового равновесия записывают показания термометра и определяют скорость воды в литрах в секунду. Включают на аноды ламп высокое напряжение и, постепенно убавляя сеточное смещение, измеряют для каждого положения температуру выходящей воды и подводимую к анодам мощность. При этом следят за тем, чтобы скорость воды не изменялась (в системах с циркуляционным охлаждением это не представляет затруднений).

На основании полученных значений строят кривую зависимости температуры отходящей воды от подводимой мощности $t° = f(P_0)$. Так как при статическом режиме вся подводимая мощность рассеивается, то кривая одновременно даёт зависимость $t° = f(P_a)$ — температуры отходящей воды от мощности потерь.

Верхняя точка кривой определяется допустимой мощностью рассеивания на анодах ламп, выше которой нагревать лампы нельзя.

Все точки должны хорошо укладываться на одной прямой; если этого нет, то следует искать причину в неправильности показаний приборов или же провести измерения ещё раз, наблюдая, чтобы каждый раз устанавливался тепловой режим и термометр успевал прогреваться.

Получив удовлетворительную кривую, выключают высокое напряжение, восстанавливают соединения в схеме и включают передатчик, настраивают контуры и записывают показания всех приборов при рабочем динамическом режиме.

Так как все условия теплового баланса — количество протекающей воды, температура входящей воды и т. д.—остались теми же, то показанию $t°$ термометра, измеряющего температуру от-

ходящей воды при рабочем режиме, соответствует по кривой определённая мощность P_a. Это и будет мощность потерь для динамического режима. Для проверки соблюдения этого условия в конце измерений проверяют ещё раз количество протекающей воды и температуру на входе. Некоторую неточность вносит дополнительный нагрев воды сеточным током, но этим обычно пренебрегают. Зная подводимую мощность P_0 и мощность потерь P_a находят колебательную мощность P.

По второму варианту определяют скорость воды по показаниям водомера и секундомера. Включают накал и дают установиться тепловому режиму. Записывают температуру входящей и отходящей воды и наблюдают, чтобы температура входящей воды не изменялась за всё время измерений. Включают высокое напряжение, подстраивают передатчик и записывают показания приборов.

Подсчёт мощности P_a, отводимой водой, производится по формуле:

$$P_a = \frac{Q\,(t_3^{\circ} - t_2^{\circ})}{0{,}24t},$$

где Q — количество прошедшей воды в литрах,

t_3^{0} — температура отходящей воды в градусах Цельсия при включённом высоком напряжении,

t_2^{0} — температура отходящей воды без высокого напряжения при включённом накале ламп,

t — время прохождения воды в секундах.

Подсчёт P остаётся прежним:

$$P = P_0 - P_a.$$

Оба указанных варианта позволяют измерить в средневолновом передатчике мощность высокой частоты, отдаваемую лампами в колебательный контур.

В коротковолновом передатчике схема водяного охлаждения обычно осуществляется таким образом, что охлаждающая вода поступает сначала в катушку индуктивности колебательного контура, а затем к бачкам ламп.

При такой схеме охлаждения протекающая вода уносит с собой не только тепло, выделяемое на анодах ламп, но и тепло, выделяемое катушкой индуктивности от нагрева током высокой частоты. Таким образом, тепловой метод будет в этом случае определять полезную колебательную мощность, отдаваемую в фидер с учётом потерь в контуре, но без учёта потерь на нагрев конденсаторов и подводящих проводов.

Средневолновые передатчики имеют обычно один или несколько промежуточных колебательных контуров. Для определе-

ния потерь в каждом из них может быть использован описанный выше метод с включением добавочного эталонного сопротивления, однако, для получения более точных значений измерение сопротивления должно быть сделано при рабочей величине тока, что часто представляет известные затруднения.

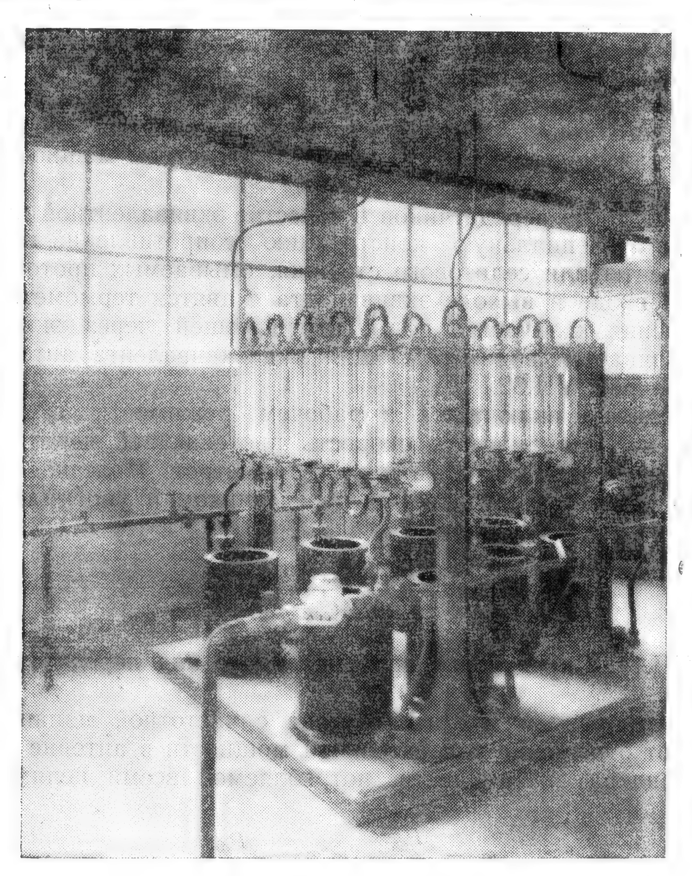


Рис. VII.32. Эквивалент антенны

Поэтому можно измерить мощность в антенне одним из указанных выше методов, а мощность высокой частоты, отданную лампами в контур, — тепловым методом. Вычитая из второго значения первое, получают мощность, потерянную в контурах.

Для измерения колебательной мощности существует ещё один метод — метод эквивалента, при котором от передатчика отсоединяют антенный фидер и заменяют его искусственной нагруз-

кой — эквивалентом. Сопротивление эквивалента следует брать близким к волновому сопротивлению фидера.

При маломощных передатчиках в качестве эквивалента используют лампы накаливания. Выделяемая в них мощность определяется фотометрическим путём. Фотометр представляет собой ящик из двух отделений, имеющих в передней стенке матовые стёкла. В каждом отделении устанавливают по лампе накаливания. Одну из ламп питают обычным переменным током, вторую — током высокой частоты. Регулируя подаваемую мощность переменного тока, добиваются равенства свечения обеих ламп. При достижении равенства измеряют ваттметром мощность переменного тока.

Для мощных передатчиков в качестве эквивалентной нагрузки применяют специальную конструкцию сопротивлений из нихромовой ленты или селитового стержня, омываемых проточной водой. На входе и выходе эквивалента ставятся термометры. Для определения количества воды, протекающей через эквивалент, устанавливается водомер. Общий вид эквивалента антенны показан на рис. VII.32.

Передатчик включается в рабочем режиме и грузится на эквивалент. Записывается скорость протекающей через эквивалент воды и температура обоих термометров. Полезная колебательная мощность, отдаваемая передатчиком и уносимая водой, определится по формуле:

$$P = \frac{Q_{литр}\,(t^{\circ}_{вых} - t^{\circ}_{вх})}{0{,}24 t_{сек}}\ квт.$$

VII.14. Определение промышленного кпд передатчика

Промышленным кпд передатчика с частотной манипуляцией называют отношение колебательной мощности в антенне (или на входе фидера) к мощности, потребляемой всеми цепями передатчика

$$\eta = \frac{P_A}{P_{потр}}, \quad \eta = \frac{P_{ф}}{P_{потр}}.$$

Для тех видов передачи, где колебательная мощность не постоянна и изменяется под влиянием сигнала, промышленный кпд является условной величиной.

Для двухполосного телефонного передатчика промышленный кпд определяют как отношение мощности в антенне на несущей частоте без модуляции ко всей мощности, потребляемой передатчиком.

Для однополосной телефонии промышленный кпд передатчика определяют в режиме, соответствующем подаче на вход пере-

датчика максимальной амплитуды звуковой частоты. При этом передатчик будет отдавать и потреблять максимальную мощность.

Для телеграфного передатчика с амплитудной манипуляцией коэффициент полезного действия определяют при нажатом ключе.

Очевидно, что во всех трёх описанных случаях в условиях действительной работы кпд передатчика будет величиной переменной. Так, например, кпд телефонного двухполосного передатчика будет зависеть от средней глубины модуляции. Поэтому для эксплуатационного режима в реальных рабочих условиях экономичность работы оборудования более полно характеризуется удельными нормами потребления электроэнергии, которые показывают расход электроэнергии на час работы передатчика. В процессе работы, например, вещательного передатчика с анодной модуляцией, потребление электроэнергии будет зависеть от характера передаваемой программы: игры симфонического оркестра, пения, речи, а также длительности пауз. Поэтому удельные нормы устанавливаются для передатчиков различного типа на основе статистического учёта потребления энергии этими передатчиками.

Для оценки большого значения удельных норм при определении экономичности той или иной схемы передатчика характерен следующий пример. Известно, что промышленный кпд мощного вещательного передатчика с анодной модуляцией в среднем равен 34—36%. Аналогичный передатчик с сеточной модуляцией имеет кпд 18—20%, т. е. примерно в два раза меньше. Однако при сравнении электроэнергии, потребляемой этими передатчиками в рабочих условиях, оказывается, что передатчик с анодной модуляцией всего только на 18—20% экономичнее передатчика с сеточной модуляцией. Это объясняется тем, что потребление энергии у передатчика с анодной модуляцией растёт с увеличением средней глубины модуляции, а у передатчика с сеточной модуляцией оно остаётся постоянным.

VII.15. Измерение и контроль частоты передатчика

Современные нормы стабильности частоты передатчика весьма высоки. Допустимые отклонения для вещательных передатчиков средних волн не должны превышать $\pm$ 10 *гц*.

В целях улучшения качественных показателей работы передатчиков стабильность их частоты поддерживается в ещё более жёстких пределах. Так, например, многие вещательные станции средних волн держат частоту с точностью до 1—2 *гц*.

Измерение и контроль излучаемой частоты непосредственно на радиоцентре требуют установки весьма сложной и дорогой

аппаратуры, с точностью измерения в 10 раз большей, чем возможное минимальное отклонение частоты передатчика. Как правилю, все измерения частоты в СССР производятся специальными выделенными пунктами и только наиболее крупные радиоцентры вещания и связи располагают собственными измерительными установками.

Контрольные пункты обслуживают измерениями частоты все передающие центры по запросу последних, а также ведут наблюдение за девиацией частоты, за формой телеграфного сигнала и за глубиной модуляции.

Для точной коррекции частоты связь между передающим центром и контрольным пунктом устанавливается по телефону или телеграфу.

Тем не менее каждый радиоцентр должен располагать приборами для измерения частоты, которые используются при проверке наличия паразитных побочных излучений, гармоник и т. д. Простейшим таким прибором может служить резонансный волномер.

VII.16. Модулирование высокочастотных колебаний передатчика

Сущность радиотелефонии заключается в том, что амплитуда, фаза или частота излучаемой антенной передатчика колебательной энергии изменяется сообразно звуковым колебаниям передаваемой речи или музыки. В радиотелефонных и вещательных передатчиках применяют амплитудную модуляцию. В передатчиках, работающих на волнах короче 7 *м,* преимущественное распространение получила частотная модуляция. Амплитудная модуляция почти всегда сопровождается фазовой и частотной модуляцией, что является вредным явлением, с которым приходится вести борьбу. Изменение фазы происходит из-за влияния изменения нагрузки цепи сетки при модуляции. Изменение частоты является результатом колебания напряжения источников питания при модуляции, при этом частота передатчика пульсирует в такт с изменением модуляции. Побочные частотная и фазовая модуляции значительно ухудшают качество передачи, внося в неё искажения. С фазовой модуляцией борются подбором параметров контуров и схем. Частотная модуляция уменьшается с применением отдельных независимых источников питания для задающего генератора, а также применением кварцевых стабилизаторов и буферных ступеней.

При амплитудной модуляции изменение амплитуды тока высокой частоты должно точно воспроизвести кривую звука. Должны быть в точности сохранены соотношения как отдельных амплитуд, так и частот.

Высокочастотный ток $i = I_н \cos \omega t$, будучи модулирован звуковым синусоидальным током $i_{зв} = I_{зв} \cos \Omega t$, может быть изображён следующим образом:

$$i_м = I_н (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t,$$

где $m = \frac{\Delta I_н}{I_н}$ носит название коэффициента модуляции.

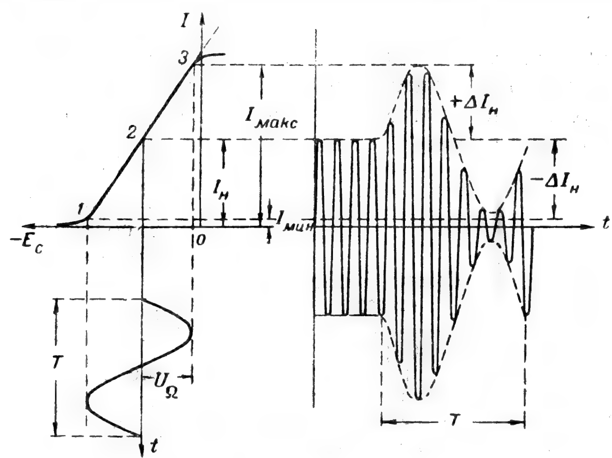


Рис. VII.33. Модуляция тока

При модуляции амплитуда тока несущей частоты (рис. VII.33) изменяет своё значение от минимального

$$I_{мин} = I_н - \Delta I_н = I_н (1 - m)$$

до максимального

$$I_{макс} = I_н + \Delta I_н = I_н (1 + m).$$

Среднее значение огибающей амплитуды за период звуковой частоты равно

$$I_{н\,ср} = \frac{I_{макс} + I_{мин}}{2},$$

а прирост амплитуды

$$\Delta I_н = \frac{I_{макс} - I_{мин}}{2},$$

коэффициент глубины модуляции m равен

$$m = \frac{I_{макс} - I_{мин}}{I_{макс} + I_{мин}}.$$

Данное значение удобно использовать при измерениях m с помощью осциллографа.

Общее выражение для тока, модулированного одной частотой, может быть преобразовано:

$$i_м = I_н (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t =$$

$$= I_н \left[\cos \omega t + \frac{m}{2} \cos (\omega + \Omega) t + \frac{m}{2} \cos (\omega - \Omega) t \right].$$

Это положение, установленное М. В. Шулейкиным, в своё время оспаривалось рядом иностранных учёных, но оно стало легко доказуемым практически с появлением достаточно хороших фильтров, позволяющих разделять и наблюдать порознь отдельные составляющие модулированного тока. При модулировании несущей рядом звуковых частот, например речью, возле несущей возникают верхняя и нижняя боковые полосы (рис. VII.34).

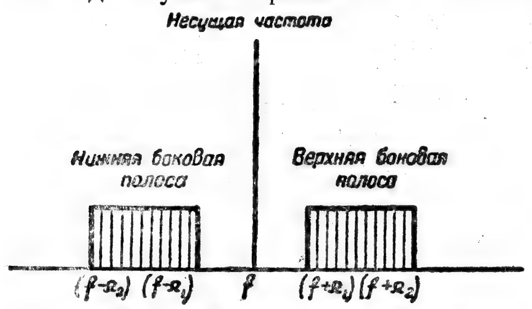


Рис. VII.34. Боковые полосы частот при модуляции

Чем глубже модуляция, тем больше мощность, содержащаяся в боковых полосах, но увеличение этой мощности должно происходить в полном соответствии с изменениями модулирующего тока. В противном случае неизбежно возникают искажения. Устанавливая режим телефонного передатчика, необходимо добиться минимальных искажений при заданной на несущей частоте мощности в антенне.

Колебательная мощность передатчика с модуляцией на сетку ориентировочно может быть определена следующим образом.

Из теории радиотелефонного передатчика со схемой модуляции на сетку известно, что модулируемая ступень и все последующие ступени работают с пониженным коэффициентом полезного действия.

Считая в среднем коэффициент полезного действия в телеграфном режиме $\eta_{тлг}$ равным 0,7—0,8, получим для телефонного режима (при обеспечении коэффициента модуляции в 100%)

$$\eta_{тлф} = 0{,}35 - 0{,}4,$$

так как

$$\eta_{тлф} = \frac{\eta_{тлг}}{1 + M}.$$

Зная потребление мощности анодной цепью $P_a = I_{a0} E_a$ и принимая $\eta_{тлф} = 0{,}35$, определяют правильность режима передатчика.

Этот же вывод справедлив и для ступеней, работающих в режиме мощных усилителей модулированных колебаний.

Как превышение, так и уменьшение кпд работы ламп сверх некоторого предела одинаково неправильно и вызывает нарушение режима.

В режиме несущей волны коэффициент использования анодного напряжения уменьшается и потери на анодах растут.

При модуляции полезная мощность возрастает, а подводимая мощность не изменяется. Благодаря этому отдача во время модуляции несколько повышается, а потери на анодах снижаются. Аноды ламп с естественным охлаждением краснеют более интенсивно при отсутствии модуляции, чем во время её. Следовательно, в телефонном передатчике с модуляцией на сетку потери наиболее велики в режиме несущей частоты.

Если задаться различными значениями для кпд в максимальном режиме при $m = 100\%$ и рассчитать потери мощности на анодах ламп, то потери при молчании могут быть определены из кривых рис. VII.35. Так, например, при $\eta_{макс} = 0{,}8$ потери для $m = 100\%$ будут составлять $\approx 66\%$ от потерь при молчании.

При схеме анодной модуляции по классу Б потребляемая мощность зависит от глубины модуляции. Чем больше величина m, тем больше потребление электроэнергии.

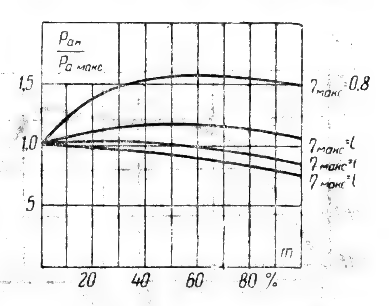


Рис. VII.35. Характеристика потерь мощности при модуляции

Хорошая работа радиотелефонного передатчика определяется степенью сохранения передаваемого спектра частот музыки или речи без искажений. Однако в передаче возникают частотные и нелинейные искажения. Частотные искажения заключаются в непропорциональном усилении всех частот или даже полном выпадении части их, вследствие чего изменяется тембр передачи.

Нелинейные искажения заключаются в появлении дополнительных комбинационных частот, что также сильно нарушает разборчивость передачи.

Кроме того, передача может быть искажена наложением на неё посторонней передачи в виде шума.

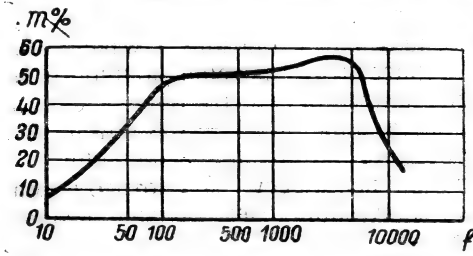
Причин для появления искажений очень много. Уже одна необходимость передачи полосы частот через ряд элементов,

обладающих резонансными свойствами, неизбежно сопряжена с ослаблением амплитуд более высоких частот.

Наличие в передатчике индуктивных и ёмкостных сопротивлений, величина которых зависит от частоты, также является причиной неравномерного усиления полосы передаваемых частот. Прохождение низких и высоких модулированных частот через катодную лампу сопряжено с появлением нелинейных искажений из-за нелинейности процессов в лампе.

Необходимость питания передатчиков переменным током или постоянным, полученным после выпрямления переменного, влечёт за собой подмешивание к передаче дополнительных частот, кратных частоте питающего тока, и т. д.

Необходимо заметить, что возможность появления искажений всякого рода в значительной степени устраняется правильно произведённым расчётом и конструированием передатчиков и усилительных устройств. Поэтому регулировщику при настройке передатчика остаётся устранить искажения, возникающие по местным причинам вследствие неправильности фазирования источников питания, неправильно установленных связей между контурами и др. Устранение искажений по последней причине достигается выбором режима отдельных ступеней и регулировкой обратной связи. Для правильности установки телефонного режима передатчика снимаются частотная, амплитудная, статическая характеристики, измеряются нелинейные искажения, а также величина фона.



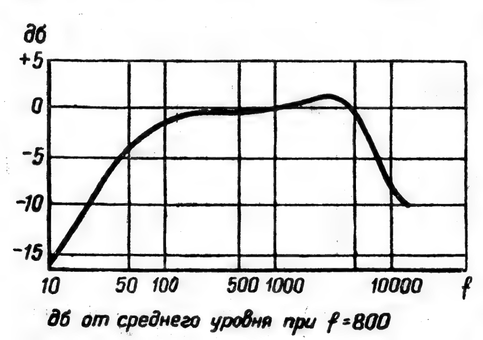


Рис. VII.36. Частотная характеристика при модуляции (вверху—в %, внизу—в децибелах)

Частотная характеристика (рис. VII.36) даёт зависимость коэффициента глубины модуляции от изменения модулирующей частоты, $m = f(f)$ при постоянном напряжении на входе, т. е. показывает равномерность прохождения через передатчик отдельных звуковых частот передаваемого спектра.

Для снятия частотной характеристики необходимо иметь: звуковой генератор с потенциометром на выходе для регулировки

напряжения на входе передатчика, катодный вольтметр для измерения напряжения звуковой частоты и прибор для измерения коэффициента модуляции.

Схема включения прибора показана на рис. VII.37.

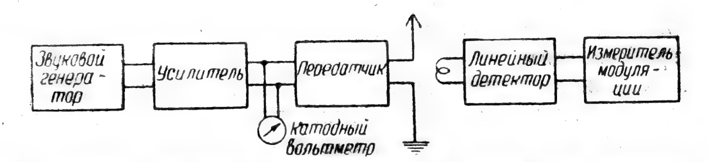


Рис. VII.37. Схема включения приборов для снятия частотной характеристики

Для измерения включают передатчик в нормальном режиме, подают от звукового генератора на вход передатчика звуковую частоту в 1000 *гц*, регулируя подачу так, чтобы установилась глубина модуляции около 25% и измеряют подаваемое при этом напряжение. Далее приступают к снятию частотной характеристики, поддерживая $U_{вх}$ всё время постоянным и изменяя подаваемую частоту в пределах, требуемых нормами. Полученные значения наносят на график. Частотные кривые снимаются три раза при коэффициентах глубины модуляции 25, 50 и 85%. Перед началом измерений всегда следует убедиться в правильности показаний приборов, например, проверить отсутствие показаний лампового вольтметра при выключенном звуковом генераторе. Если вольтметр отклоняется, это означает, что на соединительные провода наводятся высокочастотные эдс. В этом случае необходимо увеличить экранировку приборов и проводов или перенести приборы в другое место, дальше от передатчика.

Следует учесть, что наиболее важным является снятие частотной характеристики для глубины модуляции 85%. Если при этом наблюдается резкий спад на высоких частотах, необходимо специально проверить возможность получения на этих частотах глубокой модуляции в 95—100%. Для этого повышают напряжение на входе передатчика и наблюдают за ростом коэффициента глубины модуляции.

При проверке передатчика с анодной модуляцией, имеющего коррекцию частот в схеме обратной связи, это испытание позволяет определить правильность подбора отдельных параметров. Искажение частотной характеристики на высоких частотах происходит вследствие срезывающего влияния резонансных контуров. Характеристику улучшают, включая в контуры сопротивления для увеличения затухания. Другим методом является искусственный подъём амплитуд высоких частот на входе передатчика при помощи включения корректирующих контуров. Низкие час-

тоты срезаются усилительными трансформаторами и конденсаторами. Частотная характеристика современного вещательного передатчика имеет отклонение от прямой всего на ± 1 *дб* в пределах от 30 до 10 000 *гц*. Человеческое ухо может различить изменение силы звука, если оно равно 1 *дб*. Таким образом, отклонение от средней ординаты на 12% вполне удовлетворяет поставленным требованиям.

Амплитудная характеристика даёт зависимость коэффициента модуляции от изменения напряжения, подаваемого на вход передатчика при данной звуковой частоте $m=f(U_{m\,вх})$. По прямолинейности амплитудной характеристики можно судить о величине допустимой глубины модуляции. Приборы и схема их включения, необходимые для снятия амплитудной характеристики, те же, что и при снятии частотных характеристик.

Увеличивая постепенно амплитуду звуковой частоты, делают замеры глубины модуляции.

Амплитудную характеристику снимают несколько раз, подавая различную звуковую частоту (например, 100, 1000 и 5000 *гц*).

О модуляционных свойствах передатчика можно судить также по статическим модуляционным характеристикам. Статическая характеристика даёт зависимость тока I_a мощной ступени или I_A — тока в антенне от напряжения на входе модулирующего устройства.

Рис. VII.38. Статическая модуляционная характеристика

На рис. VII.38 приведена статическая модуляционная характеристика для передатчика с сеточной модуляцией. Она представляет собой зависимость $I_a=F(E_c)$, где E_c — смещение на сетке генератора. По модуляционной характеристике можно определить максимальный коэффициент глубины модуляции, допускаемой данным передатчиком. Для этой цели определяют прямолинейный участок 1—3 кривой, делят его пополам и находят рабочую точку 2. Величина тока в антенне, соответствующая этой рабочей точке, определяет мощность передатчика на несущей частоте, а пределы прямолинейного участка позволяют подсчитать допустимую неискажённую глубину модуляции. Мощность радиотелефонного передатчика определяется произведением квад-

рата величины тока на несущей частоте на сопротивление антенны

$$P = I_A^2 R_A.$$

Устанавливая рабочую точку не на половине прямолинейной части кривой, а выше, можно получить бо́льшую мощность несущей. Максимально допустимый коэффициент модуляции при этом уменьшится. К этому ошибочно прибегают на практике в погоне за повышением мощности, неправильно устанавливая рабочую точку и работая с малым коэффициентом глубины модуляции.

Принципиальная ошибочность этих действий заключается в том, что увеличение мощности на несущей при малом коэффициенте глубины модуляции бесцельно засоряет эфир, не создавая усиления слышимости в месте приёма. Для воспроизведения передачи в приёмном устройстве необходимо принять несущую и одну или обе боковые частоты. Мощность боковых частот зависит от коэффициента глубины модуляции.

При 100-процентной глубине модуляции из общей излучаемой мощности только около 17% падает на каждую из боковых полос, а 66% излучаются на несущей частоте. При меньшей глубине модуляции мощность боковой полосы падает пропорционально квадрату уменьшения коэффициента глубины модуляции. Поэтому следует всегда работать с максимально допустимой глубиной модуляции.

Работа с использованием модуляционной характеристики за прямолинейной её частью приводит к несимметричной модуляции. Искажение верхней части импульса (перемодуляция) вызывает появление в передаче искажающих её новых частот. Перемодуляция приводит также к расширению полосы частот, занимаемой передатчиком в эфире, что создаёт помехи соседним передатчикам. Поэтому работа с перемодуляцией недопустима.

Несимметричная модуляция при большом значении m может иметь место не только вследствие завышения рабочей точки, но и вследствие её занижения. Как в первом, так и во втором случае форма огибающей модулированного тока не будет подобна форме модулирующего тока. При неискажённой передаче прирост тока $+\Delta I_н$ и спадание $-\Delta I_н$ должны быть одинаковыми. Амплитуда несущей за период звуковой частоты должна симметрично изменяться относительно среднего значения. Среднее значение огибающей должно быть равно току в режиме молчания.

При несимметричной модуляции $+\Delta I_н$ и $-\Delta I_н$ не равны друг другу и огибающая модулированного колебания искажается. Её среднее значение не равно амплитуде тока в режиме молчания (рис. VII.39)

$$I_{нср} > I_н.$$

Несимметричная модуляция на повышение будет сопровождаться увеличением среднего значения $I_{нср}$, а модуляция на понижение уменьшением его.

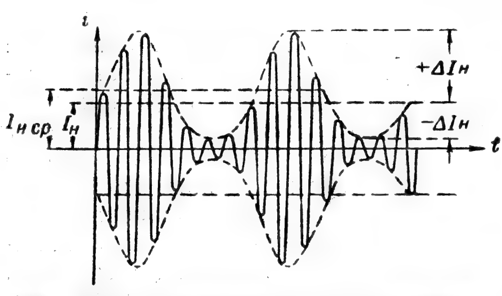


Рис. VII.39. Изменение тока при несимметричной модуляции

Обозначая

$$m_{пов} = \frac{\Delta I_н}{I_{нср}}; m_{пон} = \frac{-\Delta I_н}{I_{нср}},$$

будем иметь

$$m_{пов} \neq m_{пон}.$$

Величина среднего значения тока при модуляции выразится как:

$$I_{нср} = \frac{I_{макс} + I_{мин}}{2} =$$

$$= \frac{I_н(1 + m_{пов}) + I_н(1 - m_{пон})}{2} = \frac{2I_н + I_н m_{пов} - I_н m_{пон}}{2} =$$

$$= I_н\left(1 + \frac{m_{пов} - m_{пон}}{2}\right).$$

При $m_{пов} = m_{пон}$, $I_{нср} = I_н$, т. е. среднее значение тока при модуляции будет равно среднему значению тока при отсутствии модуляции. При $m_{пов} > m_{пон}$; $I_{нср} > I_н$ среднее значение тока возрастает. При $m_{пов} < m_{пон}$; $I_{нср} < I_н$ и среднее значение модулированного тока будет меньше тока молчания.

Амплитудные характеристики (рис. VII.40), снятые отдельно для $m_{пов} = f(U_{вх})$ и $m_{пон} = f(U_{вх})$ будут различны.

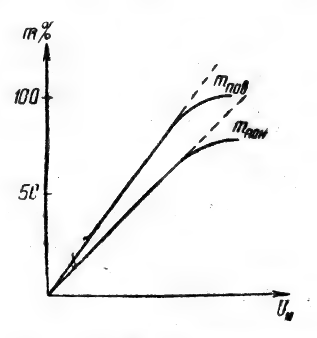


Рис. VII.40. Амплитудные характеристики при модуляции

При $m_{пов} = m_{пон}$; $I_{нср} = I_н$ и характеристики сольются в одну линию. Следовательно, для проверки симметричности можно пользоваться прибором постоянного тока, включённым в цепь линейного детектора и показывающим среднее значение выпрямленного тока. На радиостанциях для этой цели используют специальный прибор — измеритель модуляции, по которому устанавливается уровень несущей. При модуляции на повышение показания этого прибора с подачей на вход передатчика звуковой частоты увеличиваются, а при модуляции на понижение — уменьшаются.

Обычно на передатчике устанавливают такую глубину модуляции, чтобы только самые громкие выкрики создавали перемодуляцию. Средняя глубина модуляции при художественных передачах должна быть меньше, чем при речевых, чтобы лучше сохранить соотношение между самым слабым и самым сильным звуком.

Учитывая, что дальность действия передатчика находится в прямой зависимости от величины амплитуд боковых частот, необходимо всегда работать с возможно более глубокой средней модуляцией. С другой стороны, работа с глубокой модуляцией приводит к перемодуляции и связанным с ней искажениям передачи.

Во избежание этого все современные передатчики снабжаются «ограничителями модуляции».

Назначением ограничителя является автоматическое плавное уменьшение усиления сигналов по мере возрастания их амплитуд. Обычно при малых и средних значениях входного напряжения коэффициент усиления ограничителя остаётся постоянным и выходное напряжение прямо пропорционально входному. При увеличении входного уровня выше определённого предела ($m = 60—75\%$) коэффициент усиления ограничителя начинает уменьшаться. При дальнейшем увеличении уровня на входе напряжение на выходе ограничителя остаётся почти неизменным.

Таким образом, действие ограничителя сказывается только на уровнях, превышающих некоторый допустимый предел. При дальнейшем превышении уровня ограничитель пропускает сигнал, ограничивая его амплитуду.

Работа ограничителя связана с некоторым запаздыванием по времени. Поэтому быстрые кратковременные импульсы могут пройти через прибор без ограничения. Для предотвращения этого обычно в схеме передатчика применяют дополнительно второй прибор—«ограничитель максимальных амплитуд». Ограничение создаётся неоновой лампочкой, параметры которой подобраны таким образом, что по достижении сигналом определённого уровня лампочка загорается и замыкает цепь, не пропуская сигналы с большой амплитудой.

Глубина модуляции может быть определена по росту показаний прибора, включённого в антенну. Так как ток в антенне возрастает с увеличением глубины модуляции, то можно определить глубину модуляции по формуле:

$$m\% = 141\sqrt{\frac{I^2_{мод}}{I^2_н} - 1},$$

где $I_{мод}$ и $I_н$ — соответственно токи в антенне при модуляции и без неё.

На рис. VII.41 показана зависимость возрастания тока в антенне от увеличения глубины модуляции. При стопроцентной модуляции ток возрастает на 22,4%.

Если при включении звуковой частоты данное соотношение не соблюдается и ток возрастает на большую или меньшую величину, то это свидетельствует о несимметричной модуляции.

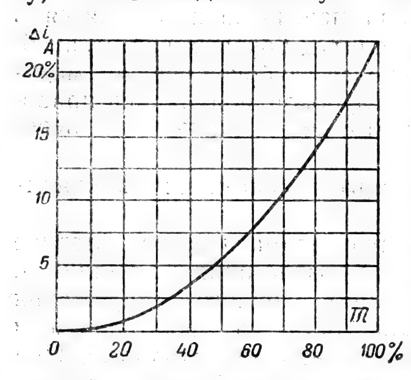


Рис. VII.41. Зависимость возрастания тока от увеличения глубины модуляции

Связь с антенной устанавливается такой, чтобы без модуляции прибор показывал единицу. Это положение соответствует началу отсчёта. Тогда при стопроцентной модуляции прибор покажет 1,224 делений. Вся шкала между этими двумя значениями разделяется на части согласно расчёту по вышеприведённой формуле и на шкалу наносятся соответствующие значения для коэффициента модуляции m.

Из рис. VII.41 следует, что показания прибора удобно отсчитывать только при сравнительно больших коэффициентах модуляции. Кроме того, из-за возможного изменения тока в антенне по другим причинам, например, при колебании питающего напряжения, связь прибора с антенной должна всё время проверяться на условный нуль показаний по шкале прибора при отсутствии модуляции.

Учитывая, что приведённое выше соотношение справедливо лишь для симметричной модуляции и при отсутствии сдвига рабочей точки, никогда не следует базироваться на этом методе для окончательного суждения о глубине модуляции.

Рассмотрим вид статических характеристик ступени передатчика с модуляцией смещением.

Наклон статической характеристики при сеточной модуляции и величина прямолинейного участка зависят от величины эквивалентного сопротивления контура.

Изменяя величину R_{oe} изменением параметров контура, можно получить различные модуляционные характеристики (рис. VII.42). С увеличением R_{oe} наклон характеристики уменьшается. Критический режим наступает при более отрицательном напряжении смещения E_c. Правильный выбор режима работы при модуляции путём изменения напряжения смещения на сетку, определяется следующими условиями. На всём протяжении рабочего участка характеристики режим должен оставаться недонапряжён-

ным. Это будет соблюдено, если в максимальном режиме коэффициент использования анодного напряжения $\xi \leqslant \xi_{крит}$.

При этом, чтобы сохранить прямолинейность характеристики в максимальной точке, угол отсечки не должен превышать 120°, а анодный импульс не должен заметно искажаться в момент достижения тока насыщения лампы, т. е. коэффициент использования лампы по току эмиссии не должен быть больше $\beta=0{,}9$.

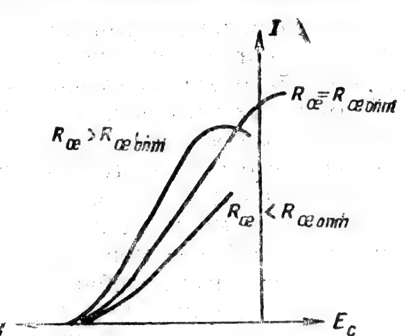


Рис. VII.42. Модуляционные характеристики при изменении эквивалентного сопротивления контура

При регулировке передатчика добиваются получения необходимой мощности на несущей частоте и глубокой неискажённой модуляции. Это достигается подбором угла отсечки путём изменения напряжений возбуждения и смещения на сетку лампы и изменения $R_{æ}$.

Следует учитывать, что при модуляции анодное напряжение не всегда остаётся постоянным. Через анодную цепь проходит ток звуковой частоты, замыкающийся через фильтр выпрямителя. Этот фильтр рассчитывается таким образом, чтобы на нём не создавалось заметного падения напряжения звуковой частоты. В противном случае при модуляции анодное напряжение на лампе будет изменяться.

Рис. VII.43. Схема для устранения искажений при модуляции

Причиной появления искажений может быть также неправильный выбор деталей схемы в цепи сеточного тока. Сеточный ток растёт при модуляции. Если в цепи постоянной слагающей тока сетки включено активное сопротивление R_c (рис. VII.43), то на нём образуется переменное смещение, зависящее от громкости звука, рабочая точка при модуляции сползёт вниз, мощность генератора снизится против расчётной.

Для устранения этого явления шунтируют сопротивление дросселем L, который имеет большое индуктивное сопротивление для **всех звуковых частот** и малое активное сопротивление обмотки по сравнению со значением шунтируемого сопротивления. Сползание рабочей точки может быть замечено по уменьшению показаний прибора постоян-

ного тока, включённого в анодную цепь лампы при одновременном падении показаний прибора, включённого в цепь линейного детектора.

VII.17. Усиление модулированных колебаний при сеточной модуляции

К усилению модулированных колебаний прибегают при наличии многоступенного передатчика, у которого модуляция изменением напряжения смещения на сетку производится в одной из предмощных ступеней. Перенос модуляции на более мощные ступени весьма желателен, но удорожает стоимость усилителей звуковой частоты и модулирующей ступени, которая должна быть в этом случае более мощной.

Поэтому модуляция осуществляется в одной из маломощных ступеней, а более мощные ступени работают в режиме усиления модулированных колебаний.

Амплитуда напряжения высокой частоты на сетке усилителя модулированных колебаний изменяется в соответствии с модуляцией в предыдущей ступени

$$U_c = U_{сн}(1 + m_c \cos \Omega t),$$

где m_c — глубина модуляции в цепи сетки, а $U_{сн}$ — значение амплитуды напряжения в режиме несущей.

При отсутствии искажений по тому же закону изменяются амплитуды первой гармоники анодного тока, колебательного напряжения на контуре и тока в антенне.

Для получения неискажённого усиления модулированных колебаний необходимо постоянство нижнего угла отсечки Θ, который выбирается равным 90°. В этом случае длительность импульса анодного тока остаётся постоянной, его амплитуда изменяется по закону огибающей модулированных колебаний и угол отсечки не зависит от амплитуды возбуждающего напряжения.

На рис. VII.44 приведены модуляционные характеристики усилителя модулированных колебаний, дающие зависимость амплитуды анодного тока I_a от амплитуды напряжения возбуждения U_c:

$$I_{a1} = f(U_c).$$

Кривые *a* соответствуют $\Theta = 90°$. Характеристика I_{a1} начинается в начале координат и прямолинейна до верхнего загиба, обусловленного переходом в перенапряжённый режим или током насыщения.

При модуляции на прямолинейном участке характеристики показания прибора постоянного тока, включённого в цепь анодного

тока, остаются постоянными, а прибор в цепи сетки покажет увеличение тока.

Кривые *б* рис. VII.44 соответствуют $\Theta < 90°$. Характеристика I_{a1} начинается правее начала координат. Работа в этом режиме

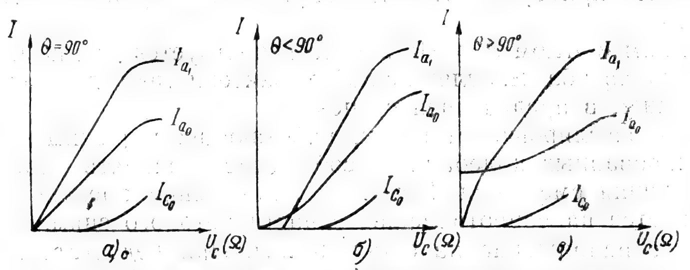


Рис. VII.44. Модуляционные характеристики усилителя модулированных колебаний

сопровождается углублением модуляции (рис. VII.45). Углубление модуляции, растущее с уменьшением Θ, полезно в случаях,

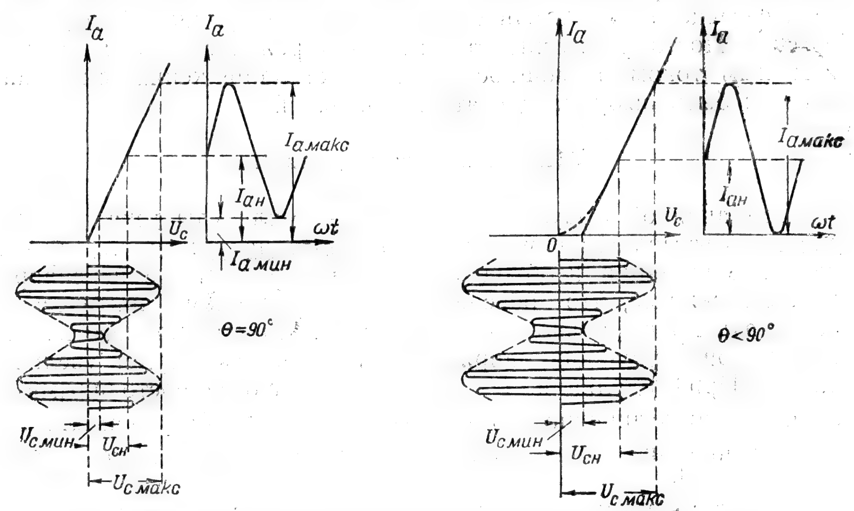


Рис. VII.45. Углубление модуляции при изменении угла отсечки

когда в предыдущей ступени почему-либо не удаётся достигнуть глубокой модуляции. Тогда её можно несколько усилить в последующих ступенях.

Если $\Theta > 90°$ (рис. VII.44*в*), то модуляция ослабляется, появляются искажения, связанные с изменением нижнего угла отсечки. Показания прибора в анодной цепи, дающие значение среднего

потребления за период, с ростом модуляции уменьшаются, а показания прибора в сеточной цепи увеличиваются.

При $\Theta < 90^\circ$ и углублении модуляции показания обоих приборов увеличиваются. Таким образом, наблюдая за поведением приборов, можно определить правильность установки Θ.

Режим с углом $\Theta > 90^\circ$ иногда используется для компенсации нижнего загиба модуляционной характеристики при модуляции смещением в предыдущей ступени.

При регулировке ступеней, работающих в режиме усиления модулированных колебаний, необходимо создавать постоянство напряжения смещения. Источник напряжения смещения обычно замыкается на сопротивление, с части которого снимается необходимое напряжение на сетку лампы. При недостаточной мощности источника это сопротивление не может быть малым и сеточный ток лампы, замыкаясь через него на землю, вызывает дополнительное падение напряжения, увеличивающее смещение на лампе. Это приведёт к сползанию рабочей точки на модуляционной характеристике, что будет ослаблять модуляцию. Кроме того, благодаря нелинейному изменению постоянной составляющей сеточного тока в зависимости от U_c модуляция будет искажаться. Поэтому нужно стремиться к режиму с уменьшенным сеточным током, а мощность источника напряжения смещения должна быть выбрана достаточно большой.

VII.18. Анодная модуляция

При анодной модуляции изменение амплитуды тока высокой частоты вызывается изменением анодного напряжения. Для линейной модуляции необходима работа генератора в перенапряжённом режиме, что обеспечивается созданием критического режима в максимальной точке. С уменьшением анодного напряжения при модуляции напряжённость режима будет увеличиваться. При модуляции U_c, E_c и R_{oe} остаются постоянными, а I_{a1} изменяется линейно с изменением $U_{a\Omega}$, где $U_{a\Omega}$ — амплитуда напряжения низкой частоты на выходе модуляционного устройства.

Модуляционные характеристики при анодной модуляции показаны на рис. VII.46*a*. Верхний изгиб характеристики вызывается переходом генератора в недонапряжённый режим в максимальной точке при условии, что

$$R_{oe} < R_{oe\,опт}\,.$$

Для исправления характеристики необходимо изменением параметров контура увеличить R_{oe}. Можно также ослабить связь с

антенной, уменьшив нагрузку генератора или увеличить анодную связь при сохранении необходимой мощности в антенне.

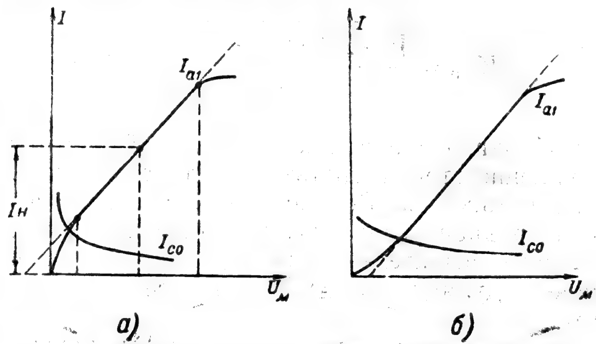


Рис. VII.46. Модуляционные характеристики при анодной модуляции

Внутреннее приведённое сопротивление лампы $R_{i\alpha}$ должно изменяться пропорционально E_a. Эта пропорциональность нарушается в нижней части модуляционных характеристик, где режим сильно перенапряжён, а ток в цепи управляющей сетки велик. Для уменьшения нижнего изгиба характеристики применяют дополнительно к постоянному напряжению смещения на сетке ещё автоматическое смещение сопротивлением. Тогда при изменении анодного напряжения будет изменяться и E_c. При большом значении анодного напряжения сеточный ток будет мал и смещение мало. При малых анодных напряжениях сеточный ток возрастает и растёт смещение. Модуляционная характеристика при использовании автоматического смещения показана на рис. VII.46*б*.

Подбирая значение R_c — сопротивления в цепи сетки и величину постоянного напряжения смещения, можно получить прямолинейную в нижней части модуляционную характеристику.

При симметричной модуляции постоянная слагающая анодного тока не изменяется.

VII.19. Измерение нелинейных искажений и уровня шума в передатчике

Нелинейные искажения возникают в передатчике из-за нелинейности модуляционной характеристики генератора высокой частоты и из-за нелинейности характеристик в тракте модулирующих устройств. Эта нелинейность может вызываться наличием в модуляторном устройстве стальных сердечников дросселей или трансформаторов и неправильным режимом отдельных ламп, например, при наличии динатронных токов, нелинейности стати-

ческих характеристик и т. п. Степень нелинейности определяется коэффициентом нелинейности K, равным отношению:

$$K\% = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \ldots + U_n^2}}{U_1} \cdot 100,$$

где U_1 — эффективное напряжение основной частоты, U_2, $U_3 \ldots U_n$ — напряжение второй, третьей и т. д. гармоник. Чем выше K, тем больше искажения. Вопрос о допустимом значении K для разного рода радиопередач ещё недостаточно изучен.

Современные вещательные передатчики имеют $K = 2{,}5$—4% при глубине модуляции $m = 95\%$ для всего спектра передаваемых частот.

Для измерения величины K и величины паразитного фона применяют измерительные приборы, входящие в состав контрольно-измерительных стоек типа «КИС», «КИР» и др. Применяется также анализатор гармоник, позволяющий измерять порознь амплитуду основного тока и амплитуды каждой из гармоник.

Нелинейные искажения определяют, снимая зависимость $K = f(m)$. Изменяют величину напряжения низкой частоты на входе передатчика при одной частоте, например 1000 *гц*. Устанавливают последовательно различные значения m=10, 20. . . 90% и измеряют каждый раз величину K. Измерения повторяют при различных частотах и данные измерений наносят на график (рис. VII.47).

Для измерения уровня посторонних шумов и фона производят сравнение глубины модуляции фоном ($m_ф$) при отсутствии полезного сигнала — с 100-процентной глубиной модуляции полезным сигналом. Для этой цели подают на вход передатчика звуковую частоту и устанавливают глубину модуляции в 100%. Затем включают прибор — измеритель фона, представляющий собой чувствительный ламповый вольтметр, шкала которого проградуирована таким образом, что показывает непосредственно отношение $\frac{U_ф}{U_{100\%}}$ в децибелах. Измеряют прибором напряжение полезного сигнала $U_{100\%}$, выключают звуковую частоту и вновь измеряют величину оставшейся глубины модуляции, производимую уже одними составляющими фона $U_ф$. Глубина модуляции фо-

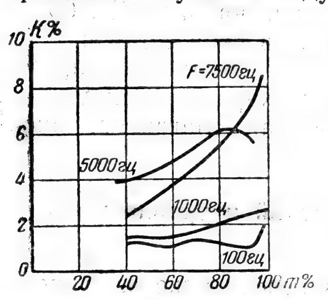


Рис. VII.47. Зависимость нелинейных искажений от глубины модуляции

ном должна быть на 55—60 *дб* ниже амплитуды полезного сигнала, измеренной при $m = 100\%$.

Если уровень фона превышает ожидаемую величину, необходимо найти причину превышения.

Для этого, не выключая измерительных приборов, показывающих уровень фона, отключают отдельные элементы передатчика, например, модулятор (в передатчике с анодной модуляцией) предварительные ступени усиления низкой частоты и т. д. Следя за показаниями указателя уровня шума, можно последовательным отключением отдельных ступеней найти место максимального возникновения фона.

Если отключение не снижает заметно уровня фона, приступают к поочередному измерению фона в высокочастотных ступенях. Если они не модулируются, как это имеет место в тракте высокой частоты передатчика с анодной модуляцией, то прибегают к следующему приёму, описанному В. Н. Аксёновым. Сначала измеряют стойкой КИС, или ей аналогичной, фон всего передатчика, подавая на вход передатчика сигнал, обеспечивающий стопроцентную модуляцию. Затем устанавливают подбором связи с передатчиком указатель прибора уровня несущей на нулевое деление, а указатель прибора уровня шума, с помощью ручки усиления — на нулевое деление шкалы децибел.

После этого напряжение звуковой частоты выключают, а виток связи прибора с передатчиком переносят к ступени, фон которой необходимо измерить. Не трогая положения ручек прибора, подбирают связь таким образом, чтобы измеритель уровня несущей вновь установился на нулевое деление. Очевидно, что если бы уровень фона в этой ступени модулировал её на 100%, то и второй прибор — измеритель уровня шума—показал бы 0 *дб*. Так как в действительности уровень фона всегда меньше, то указатель прибора покажет меньшую величину, фиксируя уровень шума по отношению к 100-процентной модуляции. Перенося связь от одной ступени к другой, можно поочерёдно измерить уровень фона всех ступеней. Соединение витка связи с измерительным прибором осуществляется при помощи кабеля с металлической заземлённой оболочкой.

Для борьбы с фоном передатчика, создаваемым, главным образом, источниками питания ламп, применяют три метода борьбы: устанавливают во всех ступенях передатчика, где это возможно, перенапряжённый режим; применяют в многоламповых ступенях питание накала отдельных ламп со сдвигом фазы по отношению друг к другу; охватывают весь тракт передатчика узкополосной обратной связью глубиной в 8—10 *дб* для подавления шумов в спектре 25—400 *гц*.

Применение перенапряжённого режима создаёт неблагоприятные условия для модулирования высокочастотного тока данной

ступени фоном, так как сеточная модуляция возможна только при недонапряжённом режиме. Питание же накала ламп переменным током и появляющуюся пульсацию анодного тока можно рассматривать как явление сеточной модуляции в лампе.

Применением перенапряжённого режима в ступенях можно получить уровень шумов в высокочастотном тракте порядка — 35 *дб.*

В передатчиках с сеточной модуляцией, где установить перенапряжённый режим нельзя по принципу работы этой схемы — уровень фона равен примерно — 25 ÷ 30 *дб.*

Хорошие результаты даёт второй метод — применение многофазного питания накала ламп. При питании накала ламп однофазным переменным током в 50 *гц* паразитный фон будет иметь частоту в 100 *гц;* если же в ступени передатчика имеются две лампы, следует применить двухфазное питание накала, питая катод одной лампы со сдвигом фазы на 90° по отношению к другой. Частота паразитной пульсации равна при этом 200 *гц,* а глубина её уменьшается почти в три раза или на 10 *дб.* Если в схеме установлено по три лампы в плече, можно осуществить питание со сдвигом фазы в 30° и получить суммарную пульсацию в 1200 *гц* при достаточно малом результирующем уровне фона порядка — 55 *дб.* При наличии четырёх ламп по две в плече применяют восьмифазную схему питания цепей накала. Частота пульсаций

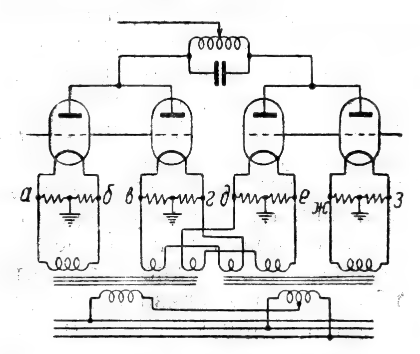


Рис. VII.48. Схема включения накала ламп при 8-фазном питании

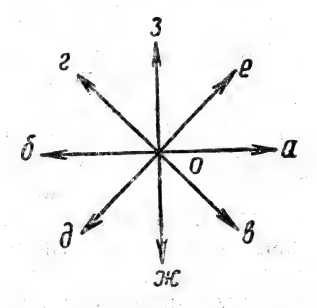


Рис. VII.49. Диаграмма распределения напряжений накала ламп

при этом будет равна 400 *гц,* а амплитуда уменьшится почти в 12 раз или на 20 *дб.*

Схема включения накала при восьмифазном питании приведена на рис. VII.48.

Правильность фазирования цепей накала проверяют вольтметром. Диаграмма распределения напряжений накала каждой лампы дана на рис. VII.49. За нуль (точка 0) принято напря-

жение средней заземлённой точки цепи накала. Сначала проверяют правильность установки средних точек, измеряя напряжения *ао* и *об*, а затем измеряют напряжения между точками *ав*, *дж*, *вд*. Так как средние точки всех катодов ламп заземлены, то распределение напряжений будет соответствовать диаграмме рис. VII.49, откуда видно, что при геометрическом сложении векторов должно соблюдаться равенство:

$$U_{ав} = U_{дж} = 0{,}38\ U_{н},\ \text{а}\ U_{аж} = U_{вд} = 0{,}7\ U_{н},$$

где $U_{н}$ — напряжение накала одной лампы.

VII.20. Применение и регулировка обратной связи

Применение обратной связи в передатчиках и усилителях получило широкое распространение. Используя обратную связь, можно значительно (в 10—12 раз) понизить уровень паразитного шума и уменьшить нелинейные искажения. Включение в цепь обратной связи реактивных элементов улучшает частотную характеристику устройства в целом. Обратная связь применяется для широкой или узкой полосы частот. В последнем случае (25—400 *гц*) обратная связь предназначается для подавления помех на определённом участке передаваемого спектра.

Принцип устройства обратной связи заключается в том, что часть усиленного напряжения с выхода устройства подаётся обратно на вход в противофазе входному напряжению.

Обозначив через K коэффициент усиления при отсутствии обратной связи и через β часть выходного напряжения, подаваемую на вход в противоположной фазе, можно показать, что

$$U = \frac{K\,U_{вх}}{1 + K\beta},$$

где U — напряжение основного сигнала на выходе усилителя при применении обратной связи.

Усиление сигнала уменьшается из-за подачи на вход усилителя части напряжения в обратной фазе в $(1 + K\beta)$ раз. Таким образом, при $(1 + K\beta) = 10$ напряжение на выходе уменьшится в 10 раз и, чтобы поддержать его на прежнем уровне, придётся во столько же раз повысить напряжение на входе, т. е. компенсировать потерю в усилении основного сигнала.

Одновременно с основным сигналом уменьшаются все дополнительные составляющие, создающие искажение основного сигнала. Но они не компенсируются, так как возникают внутри усилительного тракта, охваченного обратной связью, и в составе сигнала на входе их нет.

Следовательно, чем больше обратная связь, тем меньше нелинейные искажения сигнала и уровень паразитной модуляции. Глубину обратной связи часто выражают в децибелах, подразумевая величину

$$20 \lg (1 + K\beta).$$

При $(1 + K\beta)$, равном 10, глубина обратной связи в децибелах будет равна 20 *дб*. При $(1 + K\beta)$, равном 5, глубина обратной связи равна 14 *дб* (рис. VII.50).

Уменьшение паразитного фона, достигаемое при помощи обратной связи, почти пропорционально её глубине. Если, например, фон передатчика при питании переменным током равен — 45 *дб*, то, применив обратную связь с глубиной в 10 *дб*, можно получить снижение фона на выходе почти до — 55 *дб*.

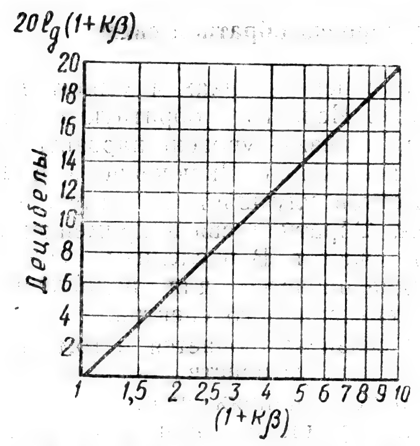


Рис. VII.50 Характеристика глубины обратной связи (в децибелах)

Уменьшение нелинейных искажений будет несколько меньшим, так как оно не следует закону простой пропорциональности и зависит, кроме того, от значения низкой частоты.

Из сказанного следует, что применение достаточно глубокой обратной связи в передатчиках даёт хорошие результаты по улучшению качественных показателей. Однако это справедливо только там, где имеется возможность специально подготовить ступени низкой и высокой частоты для применения обратной связи и где проверка правильности её регулировки производится систематически при помощи катодного осциллографа и измерителя нелинейных искажений. Кроме того, не всегда представляется возможным осуществить глубокую обратную связь требуемой глубины, при сохранении устойчивой работы передатчика. Причиной этого служат неравномерное усиление в диапазоне низких частот и резкое изменение фазы составляющих сигнала.

Напряжение обратной связи βU, подаваемое на вход усилителя, оказывается в противофазе с входным напряжением $U_{вх}$ только в некоторой полосе средних звуковых частот. На низких и высоких частотах по ряду причин возникают фазовые сдвиги, и если этот сдвиг достигает 180°, то противосвязь, становясь положительной, не ослабляет, а усиливает искажения. Кроме того, при

большой глубине противосвязи возникает самовозбуждение усилителя или передатчика. Поэтому необходимо так отрегулировать ступени усиления, охватываемые обратной связью, чтобы фазовые сдвиги в определённом диапазоне частот были бы минимальными.

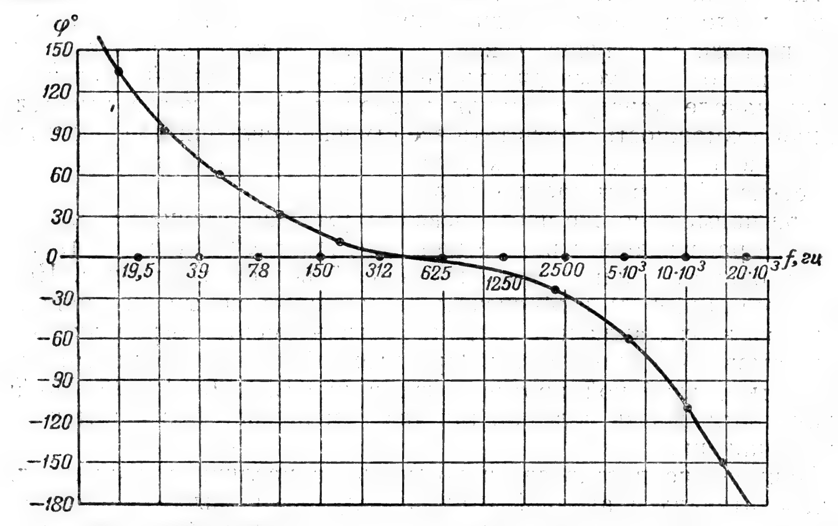


Рис. VII.51. Фазовая характеристика модуляционного тракта

На рис. VII.51 приведена фазовая характеристика модуляционного тракта мощного вещательного передатчика.

Из характеристики следует, что только в области средних частот звукового диапазона сдвиг по фазе отдельных частот невелик.

В области низших частот напряжение на выходе тракта опережает входное напряжение на угол, достигающий 150°. В области высших частот напряжение на выходе отстаёт от напряжения на входе. Фазовый угол на высоких частотах ($20 \cdot 10^3$ *гц*) достигает 180°. При этом обратная связь, как уже отмечено, из отрицательной превращается в положительную.

Между тем для получения эффективной работы устройства в целом необходимо иметь равномерное действие обратной связи не только в спектре передаваемых частот (50—8000 *гц*), но и в значительно более широкой полосе (15—20 000 *гц*).

Вторым ограничивающим фактором применения глубокой обратной связи является необходимость компенсации напряжения противосвязи, подаваемого на вход усилителя. Если предположить, что $U_{вх}$ было равно 5 *в* и глубина обратной связи равна 20 *дб*, т. е. $1 + K\beta = 10$ и $K\beta = 9$, то требуемое напряжение

противосвязи будет равно 45 *в* и напряжение входа следует поднять в $(1+K\beta)$ раз до 50 *в*. Но на такое увеличение входного напряжения низкой частоты первые ступени усилителей могут быть не рассчитаны.

Нарушение согласованности усиления отдельных участков тракта часто является основной причиной того, что применение противосвязи не улучшает качественных показателей. Поэтому лучше всего предусматривать применение обратной связи в самом начале конструирования радиоустройств, когда имеется полная возможность рассчитать все ступени усиления и исключить появление больших фазовых сдвигов в тракте и самовозбуждение ступеней, охватываемых противосвязью.

При применении же противосвязи в уже работающем передатчике, не рассчитанном на это ранее, положительных результатов можно ожидать только при специальной подготовке тракта. Необходимо проверить и обеспечить возможность повышения напряжения на входе, включить в тракт новые элементы, ограничивающие самовозбуждение и т. д. При этом обычно приходится ограничиваться глубиной противосвязи в пределах 6—12 *дб*. Но и такая противосвязь полезна, так как уменьшает фон и нелинейные искажения.

Применение противосвязи возможно в различных вариантах. В передатчиках с анодной схемой модуляции высокочастотные ступени работают в перенапряжённом режиме и обладают относительно малым уровнем фона. Поэтому противосвязью охватывается обычно только модуляционный тракт— ступени низкой частоты. Примером может служить схема, показанная на рис. VII.52.

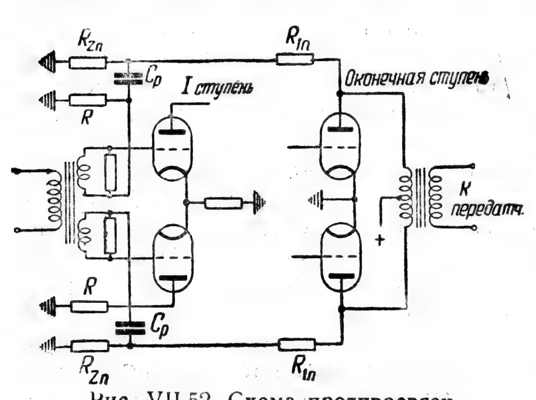


Рис. VII.52. Схема противосвязи при анодной модуляции

Здесь напряжение противосвязи на сетки ламп первой ступени вводится при помощи делителя, состоящего из активных сопротивлений R_{1n}; R_{2n}. Конденсаторы C_p служат для изоляции цепи сеток от постоянного высокого напряжения и позволяют несколько корректировать частотную характеристику в области низких частот.

С уменьшением C_p уменьшается противосвязь на низких частотах и создаётся подъём их в общем тракте усиления.

Если необходимо получить ещё более высокие показатели, то в некоторых передатчиках применяют дополнительно к общей противосвязи ещё избирательную противосвязь, охватывающую и высокочастотный тракт.

Принципиально противосвязью должны быть охвачены только те ступени, которые являются основными источниками искажений и фона. Практически более удобно охватывать также и маломощные ступени, так как подача напряжения обратной связи на вход мощных ступеней усложняет схему из-за необходимости значительного увеличения напряжения возбуждения от предварительной ступени.

Применяя противосвязь в низкочастотном тракте, следует помнить, что основные фазовые сдвиги вызываются трансформаторами. Поэтому, по возможности, они должны быть исключены из тракта противосвязи. Этого достигают, снимая напряжение противосвязи с делителя, включённого параллельно анодам ламп, исключая выходной трансформатор и вводя напряжение противосвязи после входного трансформатора в разрыв вторичной обмотки. Кроме того, в новейших схемах, в подмодуляторной ступени применяется катодная связь и, таким образом, исключается также подмодуляционный трансформатор.

При проектировании модуляционных устройств стремятся подбором и расчётом элементов схемы вывести частоту, при которой возникает самовозбуждение и сдвиг, близкий к 180°, за пределы рабочего спектра. Если это сделать не удаётся и самовозбуждение всё же возникает, применяют включение ограничителей, снижающих коэффициент усиления на частоте генерации. Для уменьшения фазовых сдвигов используют фазокомпенсаторы, которые включаются в цепь основного тракта и в цепь обратной связи. Назначением фазокомпенсатора является воспроизведение «зеркального изображения» фазовой характеристики передатчика с тем, чтобы напряжение, подаваемое обратной связью, и напряжение на входе (регулируемого устройства) были бы почти противофазны на всех частотах передаваемой полосы, отклоняясь от неё не больше чем на 40—50°.

Применением фазокомпенсаторов можно значительно оттеснить частоту, на которой происходит самовозбуждение устройства. Схема фазокомпенсатора приведена на рис. VII.53.

Рис. VII.53. Схема фазокомпенсатора

Такой фазокомпенсатор может быть включён как в основной тракт оборудования, охватываемого обратной связью, так и в цепь обратной связи. Однако оба эти способа включения имеют недостатки: включение фазокомпенсатора в основную цепь снижает усиление; если же включить его в цепь обратной связи, то это

делает коэффициент связи β зависящим от частоты и вызывает частотные искажения.

Наилучшие результаты будут достигнуты включением в тракт комбинированной схемы фазокомпенсатора и амплитудного ограничителя (рис. VII.54). Величины C_1 и C_2 берут такими, чтобы на высоких частотах $\frac{1}{\omega_в C_1} \approx R_1$, а на низких $\frac{1}{\omega_н C_1} \gg R_1$ и $\frac{1}{\omega_н C_2} \approx$ $\approx R_2$. При этих условиях приведённая схема может быть заменена эквивалентными схемами применительно к разным участкам диапазона. На рис. VII.55*а, б, в* приведены такие эквивалентные расчётные схемы соответственно для высоких, низких и средних частот.

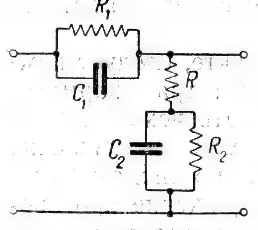


Рис. VII.54. Комбинированная схема фазокомпенсатора и амплитудного ограничителя

Расчётная формула для схемы *а* на частоте $f_в$ будет

$$f_в = \frac{1}{2\pi C_1 R_1 \sqrt{\gamma}}$$

и максимальный опережающий угол сдвига фаз

$$\varphi_{в\ макс} = \operatorname{arc\,tg} \frac{1-\gamma}{2\sqrt{\gamma}},$$

где $\gamma = \frac{U_2}{U_1} = \frac{R}{R+R_1}$ — коэффициент передачи схемы на средних частотах.

Аналогично для схемы *б*

$$f_н = \frac{1}{2\pi C_2 R_2} \sqrt{\left(1+\gamma\frac{R_2}{R}\right)\left(1+\frac{R_2}{R}\right)}$$

и максимальный отстающий угол сдвига фаз

$$\varphi_{н\ макс} = \operatorname{arc\,tg} \frac{1-\gamma}{2\sqrt{\left(\gamma-\frac{R}{R_2}\right)\left(1+\frac{R}{R_2}\right)}}.$$

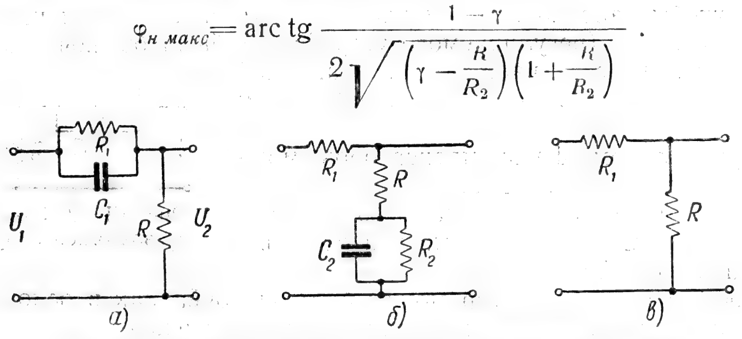


Рис. VII.55. Эквивалентные схемы фазокомпенсации

Для схемы *в* на средних частотах $\varphi = 0$.

Максимальная коррекция, достигаемая схемой, в пределе будет при $\gamma = 0$, тогда $\varphi_{в\ макс} = 90°$ и $\gamma_{н\ макс} = -90°$.

Реально можно принимать значение для γ в пределах от 0,1—0,7. При этом коррекция углов сдвига возможна в пределах: для $\varphi^{\circ}_{в\ макс} = 55° \div 10°$ и для $\varphi^{\circ}_{н\ макс} = -144° \div -9°$ при $\frac{r_1}{R_2} = 0,1$.

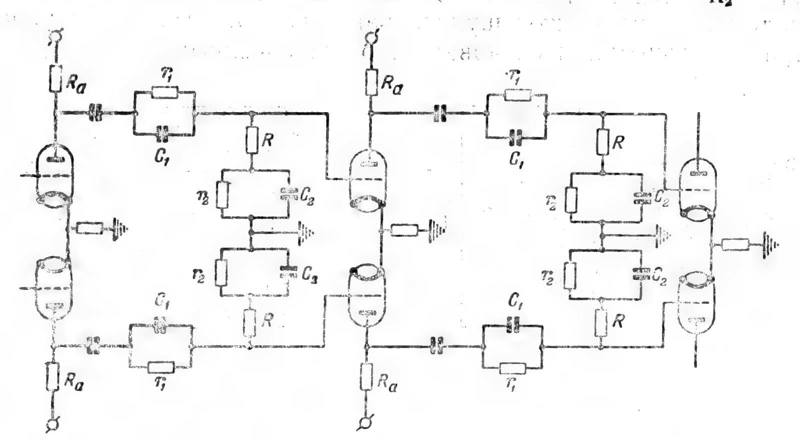


Рис. VII.56. Схема включения фазокомпенсаторов

Для корректирования больших углов сдвига применяют включение нескольких элементов фазокомпенсаторов.

Тогда результирующая фазовая характеристика будет:

$$\varphi + \varphi_{кор} = F(f),$$

где φ — фазовая характеристика основного тракта, а $\varphi_{кор}$ — результирующая характеристика фазовых сдвигов, включаемых корректирующих контуров.

Результирующая фазовая характеристика не должна иметь фазовых сдвигов больше 90°.

На рис. VII.56 показано включение фазокомпенсаторов в две ступени усилителя на сопротивлениях.

Обратную связь в мощных модуляторных устройствах осуществляют при помощи потенциометра, включённого в первичную обмотку модуляционного трансформатора. При этом длина монтажных проводов получается достаточно большой и схема в целом может обладать заметными распределёнными ёмкостями.

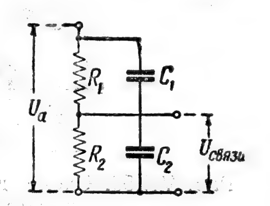


Рис. VII.57. Делитель напряжения с ёмкостным шунтом

Для исключения влияния монтажных ёмкостей применяют шунтирование элементов потенциометра ёмкостями (рис. VII.57).

Если соблюдать равенство $R_1C_1 = R_2C_2$, то отношение напряжений не будет зависеть от частоты, т. е. $\frac{U_{св}}{U_a} = \text{const}$ и фазовый угол между напряжениями будет равен нулю.

В мощных модуляторных устройствах, где к потенциометру прикладывается напряжение в несколько тысяч вольт постоянного тока, осуществляют шунтирование сопротивлений потенциометра отдельными, последовательно включёнными ёмкостями.

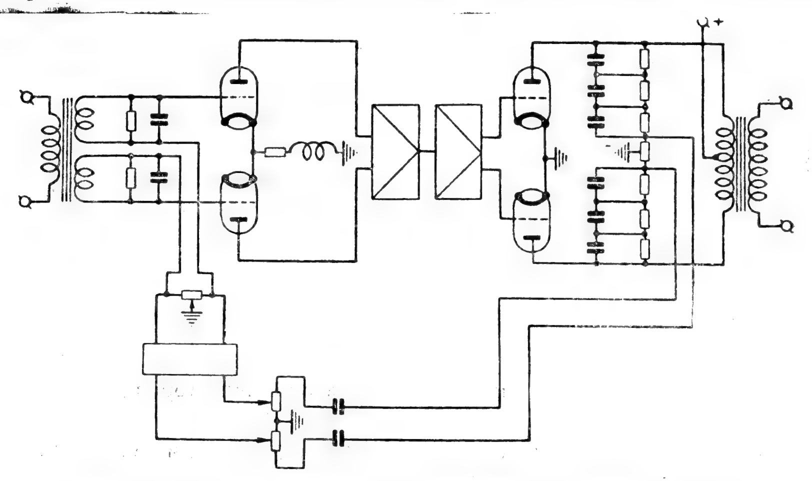


Рис. VII.58. Схема подачи и регулировки обратной связи

На рис. VII.58 приведена схема подачи и регулировки обратной связи при помощи потенциометра, шунтированного ёмкостями и подключённого к первичной обмотке модуляционного трансформатора.

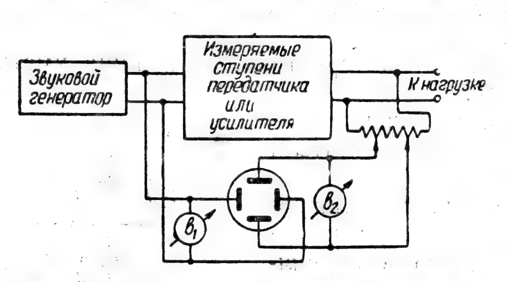


Рис. VII.59. Схема для снятия фазовых характеристик

Корректирующий контур включён в цепь обратной связи.

Данные модуляционного устройства проверяют снятием частотной и фазовой характеристик. Фазовую характеристику снимают в пределах до третьей гармоники наивысшей частоты рабочего спектра.

Для снятия фазовых характеристик используют катодный осциллограф, подавая на горизонтальные отклоняющие пластины

напряжение входа измеряемого устройства U_1, а на вертикальные пластины—часть напряжения выхода U_2 (рис. VII.59). При этом на экране осциллографа возникает прямая линия, окружность или эллипс в зависимости от величины угла сдвига.

Предварительно выравнивают величины подаваемых к осциллографу напряжений так, чтобы

$$U_1 = U_2.$$

При этом условии

$$\varphi = \pm 2\mathrm{arc\,tg}\,\frac{b}{a} \pm \frac{\pi n}{2},$$

где n — целые числа, b — меньшая, a — бóльшая полуоси эллипса на экране осиллографа. Величины b и a измеряются масштабной линейкой.

Для удобства вычислений на рис. VII.60 дан график зависимости угла φ° от отношения $\frac{b}{a}$.

В передатчиках со схемой модуляции на сетку мощные ступени работают в недонапряжённом режиме, следовательно, им свойственен повышенный уровень фона, и поэтому целесообразно применять противосвязь как по высокой, так и по низкой частоте.

Противосвязь по высокой частоте даёт необходимую низкую частоту для обратной подачи при помощи детектора, выпрямляющего модулированные высокочастотные колебания.

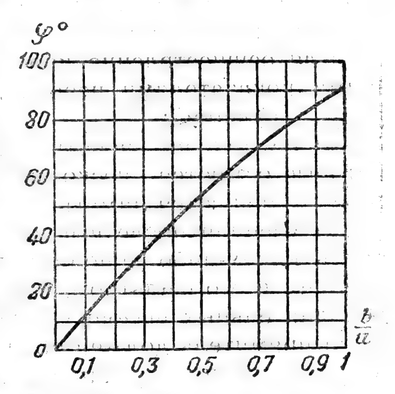


Рис. VII.60. График зависимости угла от отношения $\frac{b}{a}$

При этом приходится считаться с появлением фазовых сдвигов. Эти сдвиги будут тем больше, чем больше высокочастотных ступеней охвачено обратной связью. Высокочастотный колебательный контур, настроенный на основную частоту, представляет для боковых частот модуляции некоторое комплексное сопротивление. Поэтому частота модуляции, полученная после детектора и поданная на одну из ступеней модулятора, имеет некоторый сдвиг по фазе по отношению к напряжению, поданному по основному тракту модуляции. Сдвиг фазы у длинноволновых передатчиков больший, чем у коротковолновых, так как у них высокочастотный контур имеет бóльшую степень расстройки для боковых частот, чем в коротковолновом передатчике.

Для уменьшения фазовых сдвигов сокращают число высокочастотных ступеней, охватываемых противосвязью, перенося модуляцию на более мощные ступени, и применяют коррекцию фазы включением фазокорректирующих контуров в цепь противосвязи. Для ослабления фона, возникающего в мощной ступени высокочастотного усиления, можно связать выпрямитель высокой частоты с анодным контуром ступени и подать напряжение противосвязи в цепь сетки этой ступени.

Фазовые сдвиги можно также уменьшить, применяя загрузку контуров нагрузочными сопротивлениями, увеличивающими затухание контура. Весьма плохо влияет на фазовые сдвиги наличие в схеме двух связанных контуров, особенно когда передатчик работает на нескольких частотах. В этом случае детектор противосвязи связывают не с анодным контуром, а с анодной цепью мощной ступени.

Следует отметить, что вопрос осуществления связи с детектором должен быть решён в зависимости от местных условий. Если фазовые сдвиги допускают, то лучше связывать детектор с колебательным контуром, наиболее удалённым от выходной ступени передатчика. Это позволяет освободиться от напряжений высших гармонических импульса анодного тока. С другой стороны, если связать детектор с антенным контуром, то обратной связью охватываются лишние колебательные контуры, увеличивающие фазовые сдвиги, и появляется опасность воздействия на детектор токов высокой частоты, индуктированных в антенну соседними передатчиками.

Для осуществления противосвязи по высокой частоте с хорошими показателями необходимо, чтобы выпрямитель отвечал ряду требований:

он не должен вносить в тракт обратной связи своих шумов, которые остаются нескомпенсированными и поэтому в выпрямителе применяются лампы с косвенным накалом (подогревные);

полученная после выпрямления звуковая частота не должна иметь каких-либо дополнительных искажений, вносимых выпрямителем и его фильтром, в том числе не должно быть заметных дополнительных фазовых сдвигов;

выпрямитель должен обладать достаточной мощностью, обеспечивающей подачу напряжений на пиках модуляции.

При наличии на радиоцентре нескольких передатчиков необходимо считаться с тем, что обычно в их колебательных контурах наводится эдс от других передатчиков. Эдс, будучи выпрямлена детектором, окажется введённой противосвязью в тракт передатчика, что создаст посторонние накладки на передачу. Эти накладки в цепи противосвязи не компенсируются, и применение противосвязи может не улучшить, а ухудшить качество передачи.

При налаживании схемы противосвязи следует во избежание посторонних накладок на передачу выключать соседние передатчики, проверяя степень их воздействия, и если оно велико, то принять меры к его уменьшению, например, разносом фидеров и т. п.

В передатчиках, подвергаемых частым перестройкам, например в коротковолновых, важно иметь постоянство выпрямленного напряжения независимо от частоты.

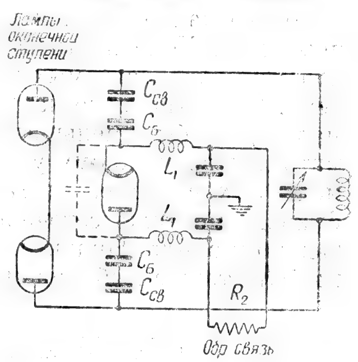


Рис. VII.61. Схема включения выпрямителя обратной связи

В тех случаях, когда через выходное сопротивление выпрямителя (R_2 на рис. VII.63) протекает сеточный ток ламп, оно должно быть выбрано достаточно малым, чтобы на нём не создавалось большого падения напряжения, искажающего форму кривой противосвязи. Но уменьшение значения сопротивления в свою очередь потребует увеличения мощности выпрямителя.

На рис. VII.61 приведена схема выпрямителя, в достаточной степени удовлетворяющая поставленным требованиям. В ней применено диодное однополупериодное выпрямление анодного высокочастотного напряжения. Связь осуществлена и регулируется ёмкостями $C_Б$, $C_{св}$, образующими ёмкостной делитель. Колебательный контур не входит в схему. Переменная слагающая, снимаемая с ёмкостного делителя, более или менее постоянна в диапазоне частот. Это исключает необходимость дополнительной регулировки противосвязи при перестройке передатчика с одной частоты на другую. Кроме того, эта схема более защищена от накладок передач других передатчиков, появляющихся вследствие детектирования однотактной волны.

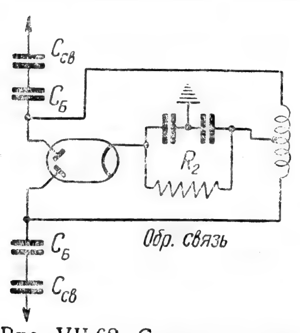


Рис. VII.62. Схема с двухполупериодным выпрямлением

Для однотактной волны оба провода фидера и провода противоположных плеч мощной ступени имеют одинаковый потенциал по отношению к земле. Поэтому выпрямитель не будет выпрямлять ток однотактной волны.

Устройство, показанное на рис. VII.62, в этом отношении хуже, так как здесь применена схема двухполупериодного выпрямления. Вследствие заземления средней точки диоды работают параллельно и, следовательно, будут выпрямлены также

помехи, наведённые в контур однотактной волной от другого передатчика.

Конденсаторы $C_Б$ и $C_{св}$ изолируют схему от постоянного тока высокого напряжения и должны иметь достаточную пробивную прочность. Конденсаторы $C_{св}$ выполняются в виде небольших пластин, располагаемых возле анодных бачков ламп мощной ступени. Сопротивление нагрузки R_2 должно быть взято достаточно малым, чтобы уменьшить фазовые сдвиги. Необходимо стремиться к возможному уменьшению значения всех ёмкостей, применяемых в схеме, а также к уменьшению распределённой ёмкости монтажа сеточной цепи модулируемой ступени по отношению к земле. Индуктивность разделяющих дросселей L_1 должна быть также выбрана минимальной.

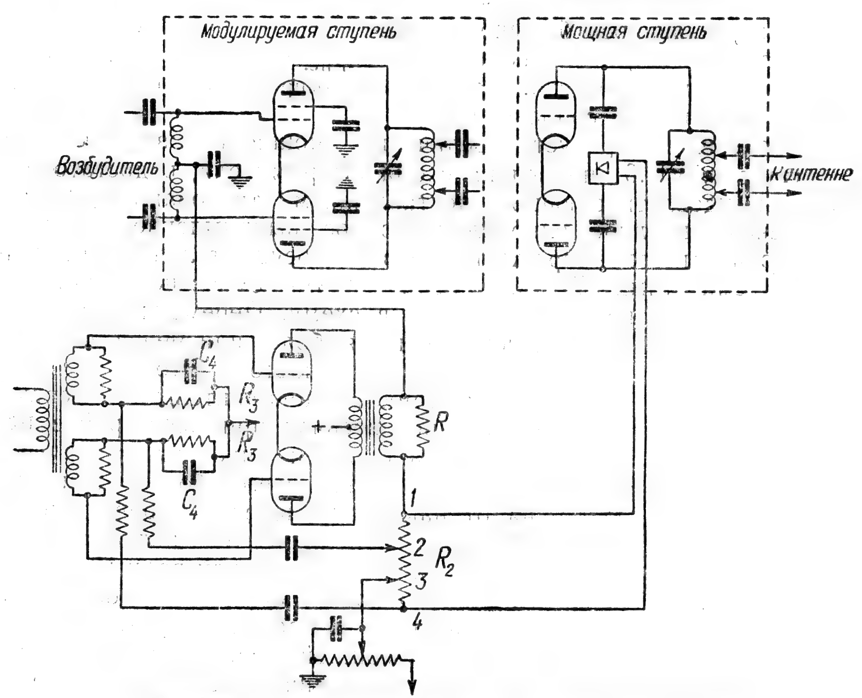


Рис. VII.63. Схема противосвязи с сеточной модуляцией

Одна из практических схем противосвязи для коротковолнового передатчика с сеточной модуляцией показана на рис. VII.63.

Обратной связью охвачен тракт передачи, начиная с модулятора и, кроме того, отдельно две высокочастотных ступени передатчика.

Напряжение противосвязи снимается между точками *1—3* сопротивления R_2 и подаётся последовательно в цепь сетки модулируемой ступени.

Часть переменного напряжения противосвязи, снимаемого между точками *2—4*, подаётся в сеточную цепь модулятора. Сопротивления R_3 и ёмкости C_4 понижают значение противосвязи на высоких частотах.

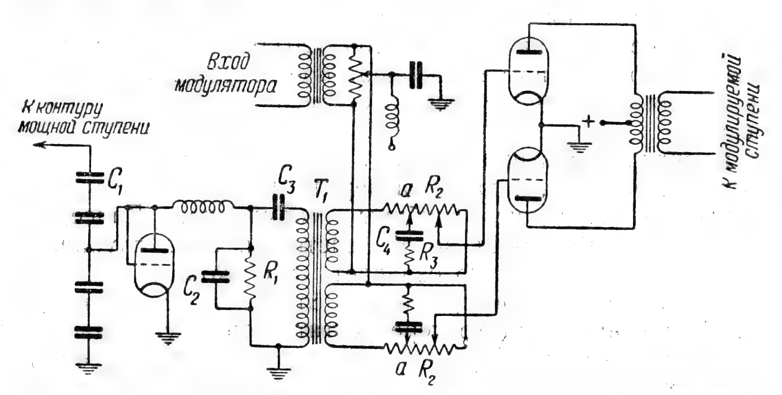


Рис. VII.64. Схема противосвязи в средневолновом передатчике

На рис. VII.64 показана схема противосвязи применительно к средневолновому передатчику. В выпрямителе используется лампа ГМ-60 с закороченной на анод сеткой.

Напряжение противосвязи снимается при помощи ёмкостного делителя, составленного из нескольких последовательно включённых конденсаторов. Выпрямленное напряжение звуковой частоты подаётся через разделительный конденсатор C_3 к трансформатору противосвязи T_1.

Трансформатор здесь применён для преобразования несимметричной схемы выпрямителя в симметричную относительно земли. Однако наличие трансформатора является недостатком данной схемы. В разрыв вторичной обмотки трансформатора T_1 включена вторичная обмотка трансформатора ступени низкочастотного усилителя или модулятора.

Результирующее напряжение снимается на сетки ламп с сопротивлений R_2. Изменяя сопротивления R_3 и ёмкости C_4 уменьшают фазовые сдвиги на наиболее высоких частотах.

Регулировка обратной связи в устройствах, где необходимые корректирующие элементы учтены при конструировании, заключается в подборе необходимых напряжений и проверке правильности подключения концов.

После этого снимают частотные характеристики передатчика и измеряют величину нелинейных искажений.

Если измерения покажут необходимость дополнительной корректировки тракта или наличие самовозбуждения на некоторых частотах, то в первую очередь проверяют правильность смонтированной схемы и исправность включённых сопротивлений и ёмкостей.

При отсутствии неисправностей или ошибок в монтаже приступают к дополнительной коррекции тракта.

Для определения величины допустимой глубины противосвязи подают на передатчик высокий тон (20 000 *гц*) от звукового генератора и постепенно увеличивают противосвязь до наступления возбуждения, после чего несколько уменьшают напряжение противосвязи.

Для определения правильности подключения концов противосвязи выключают её, подают на передатчик тон и устанавливают определённое значение глубины модуляции. Далее, вводя противосвязь, наблюдают за её действием. Если глубина модуляции уменьшается, то это означает, что концы противосвязи включены правильно, в противном случае их следует перекрестить. Можно вместо этого перекрестить концы у входа в усилитель, что в некоторых случаях несколько уменьшает общий уровень помех.

Вследствие самовозбуждения схемы из-за слишком глубокой противосвязи может произойти увеличение глубины модуляции. Это проверяют, уменьшая напряжение противосвязи.

Следует также проверить отсутствие возбуждения на очень высоких частотах порядка 20—30 *кгц*. Для этого снимают модулирующее напряжение с передатчика и при введённой противосвязи проверяют отсутствие самовозбуждения по нулевому показанию модулометра. Можно также проверить отсутствие боковых частот, пользуясь селективным приёмником или панорамиком.

Устранения возбуждения добиваются снижением напряжения на высоких частотах, включением в схему регулируемых ёмкостей и сопротивлений и уменьшением глубины противосвязи.

После налаживания противосвязи необходимо вновь снять частотную характеристику и устранить часто наблюдаемый излишне высокий подъём высоких частот. Это достигается коррекцией в тракте и уменьшением глубины противосвязи. Производят также повторное измерение коэффициента нелинейности в диапазоне рабочих частот и при получении неудовлетворительных результатов, уменьшают глубину противосвязи.

Для улучшения частотной характеристики в тракт обратной связи вводят реактивные сопротивления, достигая этим зависимости сопротивления цепи обратной связи от частоты.

Одним из возможных методов улучшения частотной характеристики является включение реактивных элементов по схеме рис. VII.65, описанной Е. П. Хмельницким.

Изменяя соотношение плеч потенциометра *АО* и *ОБ*, можно изменять значения r_1 и r_2, изменяя этим характер проводимости общей цепи. При уменьшении r_2 проводимость будет приобретать ёмкостной характер, улучшая прохождение высоких частот. При уменьшении значения r_1 проводимость приобретёт индуктивный характер, улучшая прохождение низких частот.

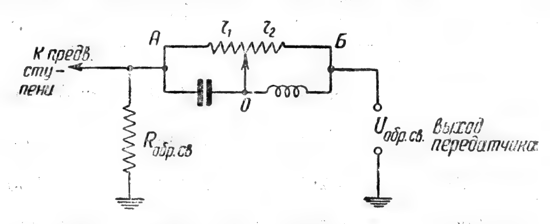


Рис. VII.65. Схема включения реактивных элементов для улучшения частотной характеристики

Если принять ёмкость конденсатора равной 5000 *пф*, индуктивность — 14 *гн*, сопротивление потенциометра — 100 тыс. *ом* и сопротивление $R_{обр.\ св}$ — 3000 *ом*, можно получить значения для полного сопротивления *Z* цепи обратной связи, приведённые в табл. VII.1 для схемы рис. VII.65.

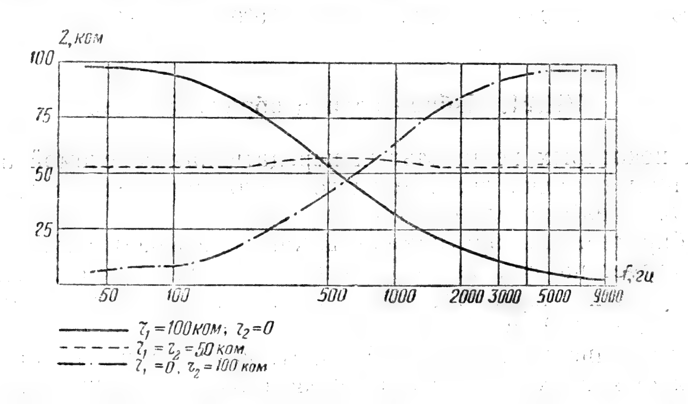


Рис. VII.66. График изменения комплексного сопротивления от частоты

Приведённая схема позволяет плавно регулировать частотную характеристику, создавая подъём на крайних частотах до 27 *дб* (рис. VII.66).

Регулировку частотной характеристики и уменьшение искажений, вносимых корректирующими ячейками в цепи обратной связи, можно также осуществлять обычными методами, включая корректирующий контур в ту часть тракта, которая не охвачена обратной связью.

Таблица VII.1

Полное сопротивление Z цепи обратной связи

f_1, *гц*	$r_1 = 0$ $r_2 = 100$ тыс. *ом*	$r_1 = 25$ тыс. *ом* $r_2 = 75$ тыс. *ом*	$r_1 = 50$ тыс. *ом* $r_2 = 50$ тыс. *ом*	$r_1 = 75$ тыс. *ом* $r_2 = 25$ тыс. *ом*	$r_1 = 100$ тыс. *ом* $r_2 = 0$
40	4500	28 000	53 000	78 100	99 000
60	6150	28 500	53 300	76 600	97 600
120	11 200	29 000	53 500	72 700	92 500
300	26 500	32 700	55 000	57 700	73 000
600	47 500	44 700	56 000	44 700	47 500
1200	73 000	57 700	55 000	32 700	26 500
3000	92 500	72 700	53 500	29 000	11 200
6000	97 600	76 600	53 300	28 500	6 150
9000	99 000	78 100	53 000	28 000	4 500

VII.21. Избирательная обратная связь

На некоторых вещательных передатчиках со схемой анодной модуляции в целях значительного понижения мешающего фона применяют избирательную обратную связь.

Избирательная обратная связь, как показывает само название, воздействует на показатели передатчика только в определённом узком участке передаваемой полосы низких частот, например, в полосе 25—400 *гц*.

Применение избирательной обратной связи на низких частотах позволяет охватить ею ступени высокочастотного тракта и улучшить этим показатели по уровню фона. Обычно избирательная обратная связь делается глубиной в 5—6 *дб*. Одна из возможных схем применения избирательной обратной связи показана на рис. VII.67.

Напряжение низкой частоты, полученное после детектирования, подаётся на входной трансформатор *3* дополнительного усилителя.

В тракт обратной связи включены реостатные фильтры *2*, имеющие ёмкостной характер и вследствие этого подавляющие высшие частоты низкочастотного спектра.

Для увеличения усиления только на низких частотах в схеме применяется дополнительно положительная обратная связь. Это

осуществляется путём подачи напряжения низких частот в тракт обратной связи при помощи отдельной обмотки выходного трансформатора *4*. Поданное напряжение проходит через ячейки фильтра к входу дополнительного усилителя.

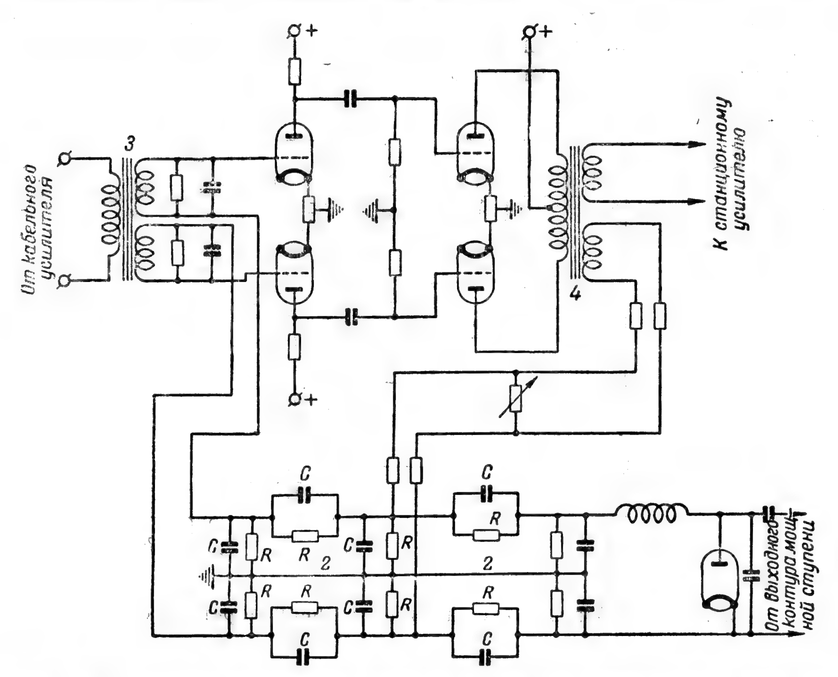


Рис. VII.67. Схема применения избирательной обратной связи с фильтром

Расчёт ячеек фильтра производят на основную частоту фона, которую необходимо подавить

$$f = \frac{1}{2\pi CR},$$

где R — сопротивление в омах, C — ёмкость в фарадах и f — подавляемая частота в герцах, равная квазирезонансной частоте реостатно-ёмкостного фильтра.

Другой вариант схемы избирательной обратной связи приведён на рис. VII.68. Устройство состоит из двухступенного реостатного усилителя с регулируемой обратной связью.

Подбором ёмкостей C_1 и C_4 настраивают усилитель на частоту, которую желательно подавить. Усилитель включают в разрыв между оконечным усилителем и модулятором передатчика. Высокую частоту к детектору подают по высокочастотному кабелю,

связываясь с колебательным контуром передатчика при помощи пластинки, помещённой около анодного бачка лампы и образующей с ним ёмкость связи.

Уменьшая величину R_{12}, можно добиться самовозбуждения усилителя на частоте резонанса, подобранной конденсаторами C_1 и C_4. Увеличив несколько сопротивление R_{12} для прекращения генерации, включают в таком виде усилитель в тракт передатчика.

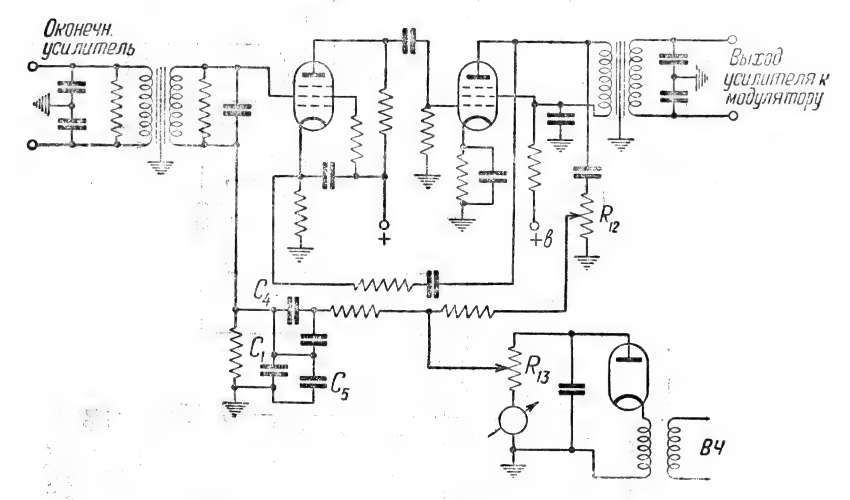


Рис. VII.68. Вариант схемы избирательной обратной связи

При этом частотная характеристика передатчика получает большой подъём (пик) на частоте резонанса усилителя. Подбирая значение напряжения противосвязи, вводимого при помощи сопротивления R_{13}, уменьшают степень подъёма до тех пор, пока пик на частотной кривой не будет сглажен. Этим будет достигнуто ослабление выбранной составляющей фона.

Прибор работает удовлетворительно при условии, что составляющие фона и их амплитуды имеют постоянный характер, чего, как показывает опыт, нет в передатчиках с сеточной модуляцией, а также при питании накала ламп от машин постоянного тока.

Это уменьшает эффективность действия прибора, подавляющего только одну составляющую фона. Непостоянство спектра фона является причиной неудовлетворительности также и некоторых других методов борьбы с ним, как например, основанных на подмешивании в сеточную цепь модуляторной лампы составляющих в 50, 100 *гц*, подаваемых в обратной фазе.

Практически избирательная связь находит применение в схемах передатчиков с анодной модуляцией и питанием накала ламп

со сдвигом в 90°. При этом достигается подавление возникающей 200-периодной составляющей фона.

VII.22. Контроль качества телеграфных сигналов

Контроль качества телеграфных сигналов осуществляется, главным образом, путём сравнения формы сигнала на различных участках тракта, где происходит искажение сигнала и подмешивание к нему шума линии.

Величина этих искажений не должна превышать норм, установленных для каждого вида телеграфной аппаратуры. Изменение длительности сигнала — преобладание проверяется при помощи точкодавателя, дающего калиброванные сигналы. Длительность точки t_1 должна равняться длительности паузы t_2.

Измеряя величины t_1 и t_2, по изображению сигналов на экране осциллографа можно определить коэффициент преобладания:

$$K = \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} \cdot 100\%.$$

Допустимое преобладание в тракте при испытании от точкодавателя не должно превышать 3%.

Телеграфные аппараты имеют переменное преобладание (качание), достигающее $\pm 20\%$. Кроме величины преобладания, которое может быть измерено также специальным прибором типа ИТС-2, проверяется форма сигнала при различных скоростях работы.

Форма телеграфного сигнала не должна иметь прогибов более 7,5% и раздвоений или повторных сигналов в паузах. При применении аппаратуры частотной манипуляции проверяют девиацию частоты. Для этого используют девиометры или контрольный приёмник с градуированным вторым гетеродином. Принимая контролируемые сигналы, устанавливают нулевые биения с одной из частот манипуляции. Далее вращая настройку второго гетеродина, находят нулевые биения со второй частотой и, сравнивая оба полученных показания по шкале гетеродина, определяют девиацию. Аналогично могут быть определены третья и четвёртая частоты при работе с аппаратурой ДЧТ.

ГЛАВА VIII

БОРЬБА С ПАРАЗИТНЫМИ ИЗЛУЧЕНИЯМИ ПЕРЕДАТЧИКА

VIII.1. Общие сведения

Каждой радиостанции или группе их выделяются для работы определённые каналы в спектре радиочастот. Так, например, вещательный средневолновый диапазон в Европе разбит на каналы шириной по 9—10 *кгц* и каждой вещательной станции выделен самостоятельный «чистый» канал или «совмещённый» канал, используемый рядом станций, расставленных географически на достаточные расстояния друг от друга.

Всякое дополнительное расширение полосы излучаемых частот и излучение других дополнительных несущих и боковых полос является вредным и должно подавляться всеми средствами.

Дополнительные паразитные частоты появляются по ряду причин. Использование в мощных ступенях передатчика импульсов анодного тока, имеющих не синусоидальную форму, влечёт за собой появление в колебательных контурах гармоник, частоты которых в 2, 3 и т. д. раз больше, чем несущая частота передатчика.

Использование в маломощных ступенях передатчика умножителей частоты влечёт за собой проникновение в мощную ступень остатков основной частоты возбуждения. Наличие связи между цепями анода и сетки приводит к принципиальной возможности самовозбуждения. Применение схем нейтрализации, устраняющих самовозбуждение в рабочей полосе частот, может привести к самовозбуждению колебаний на других частотах, расположенных вне рабочего диапазона передатчика и вне сферы действия схемы нейтрализации.

Размещение на одном радиоцентре нескольких передатчиков, работающих на различных частотах, может вызвать появление самых различных комбинационных частот, возникающих вследствие взаимодействия между передатчиками через антенные или

фидерные устройства. Посторонняя частота, попадая через фидер передатчика к мощной ступени, детектируется лампами и в схеме возникают комбинационные частоты.

Все дополнительные излучения носят название паразитных. Паразитные колебания должны быть либо устранены полностью, либо подавлены в такой степени, чтобы не служить помехой для работы других радиостанций.

Особенно вредное влияние оказывают паразитные колебания на приём телевидения. Поэтому коротковолновые передатчики, установленные в районе действия телевизионного радиоцентра, должны заранее снабжаться устройствами, обеспечивающими достаточное затухание паразитных колебаний.

VIII.2. Нормы по ограничению паразитных излучений

Предельные нормы допустимых значений паразитных излучений устанавливаются специальными соглашениями. По мере увеличения числа действующих радиостанций нормы становятся всё более и более жёсткими.

Для всех радиостанций согласно действующим соглашениям мощность паразитного излучения не должна превышать 200 *мвт*. С увеличением мощности передатчиков задача уменьшения напряжённости поля паразитной частоты становится всё более сложной. Если мощность передатчика равна 1 *квт*, то мощность паразитного излучения должна быть в $5 \cdot 10^3$ раз меньше; при мощности передатчика в 100 *квт* — в $5 \cdot 10^5$ раз меньше и т. д.

Поставленные требования для мощных передатчиков могут быть удовлетворены лишь путём значительного их усложнения, введения дополнительных контуров, фильтров и т. п.

Распространение приведённых норм на коротковолновые станции носит несколько условный характер. В самом деле, у синфазной антенны в силу наличия распределённой ёмкости и индуктивности на проводах устанавливается стоячая волна тока и напряжения. Распределение тока вдоль проводов зависит от частоты. При коротких волнах излучение основной частоты и частот гармоник в пространство происходит не равномерно во все стороны, а направленно и неодинаково для разных частот. Следовательно, полярные диаграммы излучения для основной частоты и для паразитных частот оказываются различными. При измерении напряжённости поля паразитных колебаний и основной частоты у поверхности земли на расстоянии 2—4 *км* от передатчика нельзя быть уверенным, что полученные соотношения напряжённостей полей сохраняются под всеми углами излучения к поверхности земли. Более вероятно, что паразитное излучение в некоторых направлениях может даже превысить напряжённость поля на основной частоте. Поэтому измерения напряжённости

поля паразитных колебаний следует делать по возможности во многих пунктах вокруг антенны. Кроме того, необходимо обращать внимание на возможное излучение паразитных колебаний непосредственно колебательным контуром мощной ступени передатчика или питающим фидером. Нужно также учитывать, что фидерная система обычно согласовывается по волновому сопротивлению с синфазной антенной только на основной частоте или в диапазоне, ограниченном определёнными пределами. Поэтому на частоте, отличной от рабочей, в фидере может образоваться стоячая волна и фидер будет излучать эту паразитную частоту.

VIII.3. Причины возникновения паразитных колебаний и их вредное действие

Паразитные колебания в передатчике, возникая стихийно, вызывают нестабильность его работы, местные перенапряжения, пробои, повреждения деталей, сокращение срока службы ламп. Иногда паразитные колебания настолько интенсивны, что препятствуют возникновению колебаний основной частоты. Паразитные колебания снижают кпд генератора, поглощая непроизводительно подводимую мощность, искажают форму телеграфного сигнала, не позволяя повысить скорость манипулирования, искажают телефонную передачу, засоряют эфир. Путём предварительных расчётов, тщательного конструирования деталей и их размещения можно уменьшить вероятность появления паразитных колебаний, но это не устраняет полностью возможности их появления.

Если передатчик при настройке недостаточно проверен, то иногда смена лампы, перестановка зажима анодной или сеточной связи или изменение положения вариометра приводят к появлению в схеме сильных паразитных колебаний, нарушающих весь режим генератора. Паразитные колебания могут возникнуть также при попытках обслуживающего персонала повысить колебательную мощность или углубить модуляцию.

Возникающие при появлении паразитных колебаний большие реактивные токи проходят через междуэлектродные ёмкости ламп и, разогревая вводы, выводят их из строя.

При очень высоких частотах детали схемы меняют свои функции. Дроссель становится не индуктивным, а ёмкостным сопротивлением из-за распределённой ёмкости между витками. Контурная катушка превращается в дроссель. Каждый кусок провода обладает заметной на высоких частотах ёмкостью и индуктивностью. Конденсатор с ёмкостью порядка 100 *см* и выше практически является для высоких частот коротким замыканием. Всё это вместе взятое благоприятствует возникновению в схемах

паразитных колебаний ультравысоких частот, в особенности при параллельном включении ламп.

Причиной появления паразитных колебаний может явиться также динатронный эффект в лампах. В этом случае колебания возникают не вследствие обратной связи, а из-за наличия у сеточного тока падающей характеристики; частота колебаний определяется здесь только параметрами сеточного контура.

Нейтрализация схемы не устраняет возможности возбуждения паразитных колебаний на частоте, далеко отстоящей от рабочей.

Паразитные частоты могут быть очень близкими к рабочей и вызываться самовозбуждением на частоте колебательных контуров, или, наоборот, значительно отличаться от неё как в одну, так и в другую сторону.

Самовозбуждение появляется при наличии вредных связей между цепями сетки и анода. Более низкие частоты вызываются обычно резонансными явлениями в дросселях; наиболее высокие — наличием в схеме распределённых ёмкостей и индуктивностей соединительных проводов, вводов ламп, междуэлектродных ёмкостей.

Паразитные колебания в ступенях, включённых по двухтактной схеме, могут быть как двухтактными, так и однотактными. В первом случае напряжения на анодах двух ламп отличаются на 180°, а во втором они синфазны. Двухтактные колебания возможны и тогда, когда две лампы по основной частоте включены впараллель.

Для очень высоких частот, когда дроссель становится ёмкостью, а ёмкость индуктивностью, эквивалентные схемы значительно отличаются от схемы на рабочей частоте.

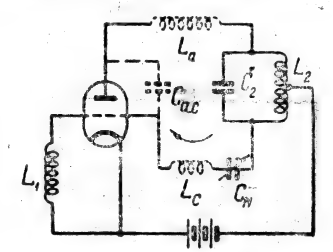


Рис. VIII.1. Эквивалентная схема генератора с анодной нейтрализацией

На рис. VIII.1 в виде примера приведена обычная схема генератора с анодной нейтрализацией. Рассматривая проводимость её отдельных цепей для высоких частот, необходимо считаться с распределённой индуктивностью проводов L_a и L_c и ёмкостью C_{ac}. Сосредоточенные индуктивности в цепях сетки и анода являются высокочастотными дросселями (L_1 и L_2). Конденсатор C_2 представляет для тока очень высокой частоты короткое замыкание и шунтирует индуктивность L_2. Междуэлектродная ёмкость C_{ac} оказывается включённой в колебательный контур. Поэтому через вводы сетки и анода лампы течёт большой реактивный ток.

На рис. VIII.2*а* приведена обычная двухтактная схема ступени передатчика. Если паразитное колебание возникает по параллельной схеме, то аноды и сетки противоположных ламп могут быть соединены вместе, так как напряжение на одноимённых электродах одинаково. Паразитная частота оказывается здесь

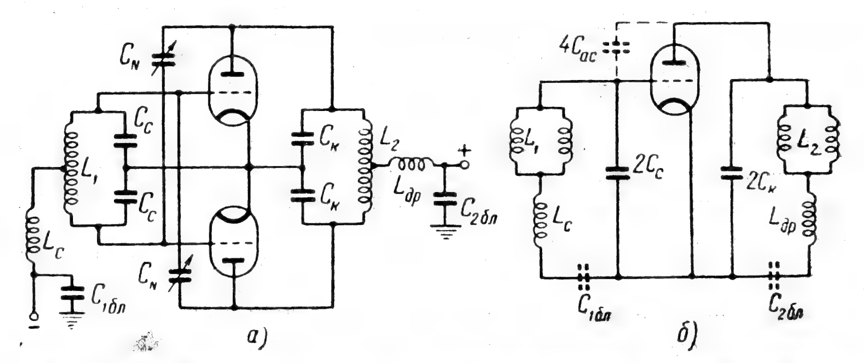


Рис. VIII.2. **Схема генератора при возникновении параллельных колебаний**

низкой и для неё основной индуктивностью контура является индуктивность блокировочных дросселей L_c $L_{др}$, а блокировочные ёмкости $C_{1бл}$ и $C_{2бл}$ имеют заметное ёмкостное сопротивление. На рис. VIII.2*б* дана эквивалентная схема.

Ёмкость нейтродинных конденсаторов и внутриламповая междуэлектродная ёмкость ламп обоих плеч при параллельном колебании складываются и создают связь, достаточную для самовозбуждения ступени, так как ёмкость C_{ac} учетверяется.

В одном из передатчиков с анодной модуляцией на последнюю ступень было обнаружено, что аналогичное параллельное паразитное колебание возникало с интенсивностью, зависящей от глубины модуляции. Основная несущая частота модулировалась паразитным колебанием и в пространстве при прослушивании на приёмник обнаруживались три несущие частоты. Две из них отстояли от основной частоты по обе стороны. При модуляции одновременно была слышна передача на трёх частотах. В схеме возникали перенапряжения, особенно при подаче низких звуковых частот.

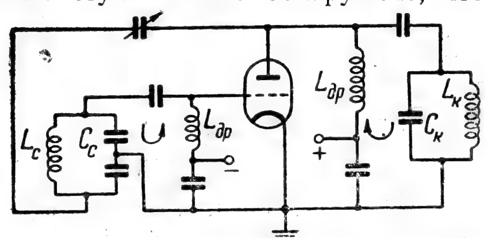


Рис. VIII.3. Схема возникновения колебаний генератора с шунтовым питанием

На рис. VIII.3 показана однотактная схема с шунтовым питанием. Блокировочные дроссели L_c, $L_{\partial p}$ в цепях анодного и сеточного питания могут явиться здесь причиной появления паразитных колебаний. Паразитные колебательные контуры параллельного или последовательного типа образуются индуктивностью дросселей и деталями основных колебательных контуров.

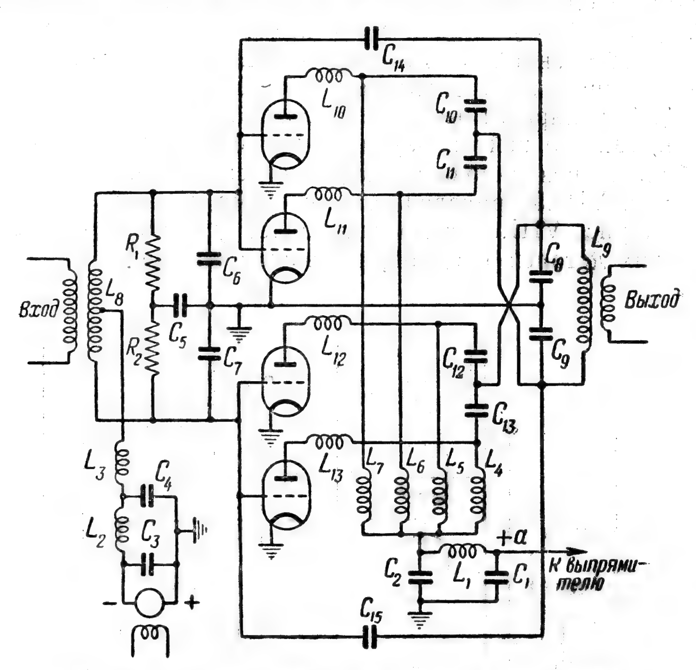


Рис. VIII.4. Схема одной из ступеней передатчика

На рис. VIII.4 приведена схема одной из ступеней современного передатчика. Ступень работает на четырёх лампах, включённых по симметричной схеме, по две в плече. Питание производится от ртутного выпрямителя через фильтр C_1, C_2, L_1, напряжение смещения подаётся от машины через фильтр C_3, C_4, L_2, L_3. В схеме принят ряд предосторожностей для заглушения паразитных колебаний: включены шунтирующие цепь сетка—нить конденсаторы C_6, C_7 и поставлены дроссели в анодах ламп L_{10}, L_{11}, L_{12}, L_{13}. Тем не менее и в этой защищённой схеме возможно возникновение целого ряда паразитных колебаний различной частоты. Так, могут появиться паразитные колебания наиболее низкой частоты (до 5 *гц*), определяемой собственной частотой сглаживающего фильтра выпрямителя C_2, C_1, L_1. Фильтр

сеточного смещения L_2, C_3, C_4 образует в цепи сетки контур, способствующий этим колебаниям, так как его собственная частота обычно сравнима с частотой фильтра выпрямителя. Второй вид паразитных колебаний возникает с частотой 1/3—1/5 от основной рабочей частоты вследствие наличия в схеме ещё одного паразитного контура, образованного анодными дросселями L_4, L_5, L_6, L_7 вместе с блокировочными и контурными конденсаторами C_{10}, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_8, C_9. В цепи сетки имеется второй контур, сравнимый по собственной частоте колебаний с анодным контуром, и образованный индуктивностью дросселя L_3 и конденсаторами C_6 и C_7. Эти паразитные цепи работают со всеми лампами впараллель, так что нейтрализующие конденсаторы C_{14} и C_{15} скорее способствуют возникновению обратной связи, чем парализуют её.

На рис. VIII.5 приведена та же схема, но в более наглядном виде. На рис. VIII.6 схема ещё более упрощена объединением нескольких деталей в одной, им эквивалентной.

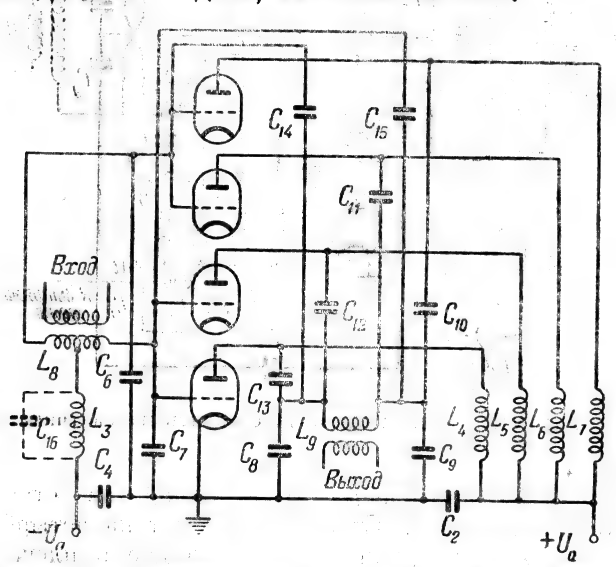


Рис. VIII.5. Эквивалентная схема ступени передатчика

Паразитные колебания могут принести большой вред, прежде чем будут замечены и ликвидированы. Борьба с ними ведётся расстройкой анодного или сеточного паразитных контуров так, чтобы они не имели близких резонансных частот. Для этого достаточно, например, включить конденсатор C_{16} (рис. VIII.5), изменив этим резонансную частоту сеточного контура.

Колебания, образованные анодными дросселями и блокировочными конденсаторами, могут быть обнаружены следующим

образом. Снимают возбуждение ступени и уменьшают сеточное смещение. При неполном анодном напряжении дают ступени небольшое возбуждение и тотчас же его выключают. Если в схеме возникли паразитные колебания, то они не исчезают при снятии возбуждения и могут быть измерены волномером при соблюдении необходимых мер предосторожности.

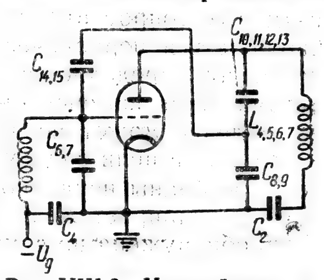


Рис. VIII.6. Упрощённая эквивалентная схема ступени

Паразитные колебания, близкие к нормальной частоте, возникают при отсутствии нейтрализации или при неправильном её подборе, а также при наличии непосредственной магнитной связи между катушками контуров отдельных ступеней. Такие колебания обнаруживаются по характерному гетеродинному свисту, слышному в контрольном приёмнике при лёгком изменении настройки одной из ступеней около положения резонанса. Паразитные колебания в 4—5 раз выше основной частоты возникают в цепи, образованной проводниками, идущими от сеток к конденсаторам C_6, C_7, и такими же проводниками от анодов к конденсаторам C_8, C_9 (рис. VIII.4). Эти колебания отдельно не существуют и могут быть обнаружены только при включённом передатчике, если поднести волномер близко к контуру и проверить частоты в указанных пределах. Колебания устраняются включением в анодные провода индуктивностей L_{10}, L_{11}, L_{12} и L_{13} (рис. VIII.4), чтобы настроить анодный паразитный контур на частоту меньшую, чем частота контура сетки. Эти же индуктивности устраняют паразитные колебания, возникающие между двумя лампами, включёнными впараллель.

Один вид паразитных колебаний имеет частоту, выражаемую в дробных цифрах от основной, например, 3/2, 4/3, 5/4 и т. д. Такие паразитные колебания возникают вследствие искажения сеточной характеристики ламп, главным образом, из-за динатронного эффекта и обнаруживаются обычно только после некоторого прогрева передатчика. Волномер следует близко поднести к контуру и проверить испытываемые диапазоны. При возникновении колебаний этого типа удаление сеточного контура не устраняет генерации. Наилучший метод борьбы заключается в таком изменении режима, чтобы рабочая точка при несущей частоте лежала на участке характеристики лампы, где динатронного эффекта нет.

Понятно, что метод изменения положения рабочей точки может быть принят только как временный. При первой же возможности следует заменить лампы.

В передатчиках, особенно в низкочастотных его частях, встречается ещё один вид паразитных колебаний — релаксационные колебания. Так, например, если в цепь экранирующей сетки включено последовательно с источником питания большое активное сопротивление, шунтированное ёмкостью, то могут наблюдаться периодические неустойчивые колебания. Периодичность их определяется постоянной времени RC. Колебания устраняются изменением порядка включённых величин. Такое же явление может возникнуть и в других цепях передатчика, например, в цепи задающего генератора, если постоянные в цепи сетки выбраны неудачно (велико сопротивление) и лампа периодически запирается. Периодичность колебаний иногда может быть обнаружена на слух.

VIII.4. Методы борьбы с паразитными колебаниями

Меры для борьбы с паразитными колебаниями могут быть предусмотрены заранее при конструировании передатчиков и, кроме того, приниматься при непосредственной настройке и регулировке передатчика на месте установки.

Конструктор передатчика на основе имеющегося опыта дополняет рабочую схему необходимыми деталями: активными сопротивлениями для внесения затухания в возможные колебательные контуры, индуктивностями для расстройки паразитного колебательного контура в аноде ламп по отношению к контуру в цепи сетки, конденсаторами, шунтирующими потенциалы высокой частоты на землю и т. п. Применяют также методы цепей последовательного резонанса с целью создания короткого замыкания для определённых частот.

Устранение возможности самовозбуждения генератора достигается с помощью схем нейтрализации. Однако эти схемы действуют обычно только в определённом диапазоне волн, внутри которого не нарушается установленный баланс схемы.

Основные мероприятия, направленные на устранение возможности самовозбуждения ступени на любых частотах, состоят в нарушении условия самовозбуждения, выражаемого неравенством:

$$(\kappa - D) R_{\alpha} S_0 > 1 ,$$

где κ — коэффициент обратной связи, R_{α} — сопротивление нагрузки, вычисляемое для частоты паразитного колебания, S_0 и D—соответственно средняя крутизна и проницаемость лампы.

Следовательно, для устранения самовозбуждения при заданной лампе необходимо уменьшать κ или R_{α} .

Для устранения паразитных колебаний уменьшают R_{α} включением активного сопротивления в цепь контура паразитного ко-

лебания. Для очень высоких частот снижают R_a уменьшением индуктивности соединительных шин.

Коэффициент обратной связи уменьшают включением ёмкости достаточной величины в цепь сетка—катод. Тогда связь для паразитных колебаний будет значительно ослаблена. Для основного колебания эта ёмкость является ёмкостью связи с предыдущей ступенью. Конденсатор подключают возможно ближе к лампе. В противном случае длинные соединительные провода могут иметь большую индуктивность и включение конденсатора не достигнет цели.

Катушки индуктивностей по возможности не должны иметь холостых витков и многих ответвлений. Холостые витки и распределённая ёмкость между ними могут создать резонансные контуры на различных частотах. В новейших коротковолновых передатчиках при уменьшении индуктивности витки, остающиеся свободными, автоматически закорачиваются в нескольких точках.

Не следует применять в схеме лишних дросселей. При необходимости их включения индуктивность анодного дросселя берут всегда больше сеточного. Дроссели, особенно сеточный, целесообразно помещать в экран.

При размещении контуров сеточный контур должен быть удалён от анодного и по возможности экранирован. Конденсатор сеточного контура монтируется как можно ближе к вводам сетки и катода ламп.

Накал ламп в обычных схемах заземляют по высокой частоте при помощи конденсаторов. Это заземление должно быть сделано возможно ближе к лампе.

Нейтродинные цепи должны иметь минимальную длину и обладать малой индуктивностью. Никогда не следует совмещать провода нейтрализации с проводами, подводящими возбуждение к сеткам ламп. Для уменьшения индуктивности подключение конденсатора производят не проводом, а широкими медными полосами. Вводы конденсатора также могут обладать достаточно большой индуктивностью. Поэтому предпочтительнее применять конденсаторы керамические, дискового типа, у которых контакт достигается при помощи медной ленты, припаиваемой непосредственно к пластинам, создающим необходимую ёмкость.

Не меньшее значение имеет взаимное расположение деталей. Катушки индуктивности соседних контуров, помещённые близко одна от другой, создают взаимную магнитную связь, вызывающую ряд нарушений нормального режима передатчика. Длинные провода, несущие токи высокой частоты и обладающие заметной распределённой ёмкостью и индуктивностью, также являются источником многих ненормальностей в работе передатчиков.

Провода с током высокой частоты большой амплитуды, например, соединяющие детали колебательного контура, берутся

минимальной длины. Провода, несущие ток высокой частоты малой амплитуды, могут быть более длинными.

Катушки индуктивности, не защищённые металлическими экранами, должны быть разнесены друг от друга таким образом, чтобы была устранена непосредственная магнитная связь между ними. Взаимодействие магнитных полей можно уменьшить, располагая оси катушек и дросселей под прямыми углами друг к другу.

Все металлические части деталей: каркасы, трубы, рамы и т.п. должны быть заземлены короткими проводами с надёжными соединениями. Общая шина заземления должна иметь достаточно большое сечение. Шину заземления, проложенную вдоль передатчика, следует заземлить со стороны более мощных ступеней, чтобы большой ток протекал по ней кратчайшим путём. Предпочтительнее применять для заземления широкие ленты.

Провода, несущие постоянный ток для питания ламп, должны быть замкнуты на землю через соответствующие ёмкости для отвода высокой частоты, наводимой в этих проводах.

Провода, несущие высокую частоту, в особенности провода цепей сеток и анодов усилителей высокой частоты, должны быть удалены друг от друга, чтобы избежать вредных связей. Следует также удалять из сильного поля катушек индуктивности провода, несущие напряжения небольших значений.

Необходимо включать как можно ближе к вводам лампы небольшие, чисто активные сопротивления. Для паразитных высоких частот междуэлектродная ёмкость лампы входит в состав колебательного контура. Поэтому включаемые у вводов лампы сопротивления оказываются введёнными в колебательный контур и вносят сильное затухание. Для уменьшения затухания на рабочей частоте и для пропуска постоянной слагающей тока сопротивления часто шунтируют небольшой индуктивностью. Вместо сопротивления можно включать катушки в несколько витков. Они обладают ничтожным индуктивным сопротивлением для рабочих частот, но большим — для ультравысоких частот. Часто их изготавливают из стальной проволоки, так как активное сопротивление стального провода повышается с увеличением частоты.

Иногда полезно сделать несколько проб, раздвигая или сближая витки катушки, изменяя тем самым её индуктивность. Индуктивности в анодных цепях уменьшают частоту анодного контура по сравнению с сеточным. Поэтому индуктивности следует включать только в цепь анода, а сопротивления — в цепь сетки.

Для мощных ламп длинноволновых передатчиков рекомендуется в цепь анода включать катушку диаметром в 50 *мм* и длиной в 100—150 *мм* с 10—14 витками из проволоки диаметром

в 2—3 *мм*. Сопротивление, включаемое параллельно катушке, берётся равным: для лампы Г-433 — 20 *ом*, для лампы Г-431 — 30 *ом*.

Рабочая частота и постоянный ток проходят через катушку без заметных потерь, а ультравысокие частоты вынуждены идти через сопротивление, создающее сильное затухание этих колебаний.

В провод перед вводом сетки включаются последовательно безиндукционные селитовые сопротивления: для лампы Г-433 — 40—60 *ом*, для лампы Г-431 — 100—150 *ом*.

Для ликвидации динатронных колебаний в первую очередь необходимо подобрать режим лампы, уменьшая, например, R_α сеточного контура увеличением ёмкости между сеткой и катодом или шунтируя сеточную цепь сопротивлением.

Вторым методом является установка антидинатронных ламп (рис. VIII.7*а*). Назначением этих ламп является создание в цепи сетки лампы генератора суммы двух токов: $i_{кен} + i_{сетки}$ таким образом, чтобы суммарный ток не имел падающего участка (см. гл. III.8). Последовательно с антидинатронной лампой можно включить сопротивления R_1, R_2 и параллельно R_2 ёмкость C_2 (рис. VIII.7*б*). Изменяя значение R_1, можно регулировать ток, протекающий через антидинатронную лампу. Комбинация из R_2 и C_2 используется для создания некоторого потенциала на аноде кенотрона с тем, чтобы последний вступал в работу только с момента изменения сеточным током своего направления.

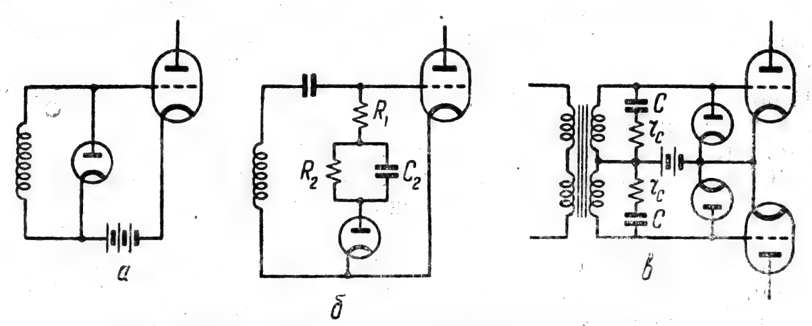


Рис. VIII.7. Схема с антидинатронными лампами

В телефонном передатчике с анодной модуляцией работа мощного модулятора бывает часто неустойчивой из-за динатронного эффекта ламп. В этих случаях также подключают кенотроны, применяя дополнительно шунтирование сеточной цепи цепочкой из последовательно включённых небольшой ёмкости C и сопротивления r_c (рис. VIII.7 *в*). Если частота паразитного колебания достаточно велика, то, применяя малые значения C и r_c, можно

получить большое затухание для паразитной частоты и малое в рабочем спектре частот.

В телефонном передатчике включение антидинатронных ламп может снизить пику тока в момент глубокой модуляции. Во избежание этого следует выбирать кенотрон так, чтобы при пиках модуляции ток через кенотрон ограничивался током насыщения.

Следует учесть, что динатронный эффект нельзя устранять последовательным включением сопротивления в цепь сетки, так как это приводит к ухудшению картины. Положительный потенциал на сетке увеличится и динатронный эффект будет более интенсивным.

Обнаружить динатронный эффект в лампе можно, наблюдая осциллографом форму напряжения возбуждения в цепи сетки. При динатронном эффекте на импульсе напряжения обнаруживаются дополнительные зубчики.

Опыт показывает, что хотя в современных передатчиках появление паразитных колебаний стало значительно более редким явлением, тем не менее конструктор пока ещё не может обеспечить полное их устранение. Паразитные колебания могут возникнуть, как вследствие неточностей, допущенных при монтаже, так и в силу причин, присущих данному конкретному радиоцентру (взаимовлияние соседних передатчиков, централизованные источники питания и т. п.). Поэтому работники эксплуатации должны уметь обнаруживать и устранять возникающие в местных условиях паразитные колебания. Каждый передатчик перед сдачей его в эксплуатацию должен подвергнуться испытанию на отсутствие паразитных колебаний. Последние возникают легче при высоком анодном напряжении и при нулевом или положительном напряжении на сетке. Поэтому иногда паразитные колебания трудно обнаружить, так как они существуют только в течение положительного полупериода модуляции.

Для обнаружения паразитных колебаний пользуются простым прибором, состоящим из неоновой лампочки, укреплённой на длинной изолирующей штанге. Неоновой лампочкой касаются отдельных частей схемы, находящихся под напряжением. Если деталь находится под напряжением постоянного тока, то неоновая лампа слабо вспыхивает и погасает. При наличии высокочастотного напряжения лампа ярко загорается. По свечению неоновой лампочки можно ориентировочно определить частоту паразитного колебания. При частоте порядка нескольких мегагерц цвет свечения будет жёлтым. С увеличением частоты свечение становится всё более красным. При частотах выше ста мегагерц свечение становится ярко батряным.

При сравнительно низких частотах для обнаружения колебаний необходимо присоединить к неоновой лампочке отрезок провода для повышения индуктируемого напряжения. При метро-

вых волнах сооружают двухпроводную фидерную линию, замкнутую на конце неоновой лампочкой. Передвигая перемычку вдоль линии, добиваются свечения лампочки. Найдя путём перемещения перемычки пучности тока и измерив длину провода между ними, можно определить частоту паразитных колебаний.

Внешними признаками наличия паразитных колебаний служат: общая неустойчивость режима; несовпадение при настройке минимума анодного тока с максимумом сеточного; пики и впадины на огибающей модулированного сигнала при наблюдении его на экране осциллографа; возникновение внезапных пробоев в передатчике; хриплый тон биений при прослушивании передачи с помощью гетеродина; обнаружение дополнительных несущих приёмником. При наблюдении несущей частоты на экране осциллографа наличие биений определяется по появлению на изображении продольных, более ярких светящихся полос.

Для выявления помех необходимо пользоваться только хорошим приёмником. Если избирательность приёмника недостаточна, то контроль на нём может привести к ошибочным заключениям. При малой избирательности основной сигнал станции поступает в приёмник с большой амплитудой и образует комбинационные частоты в самом приёмнике. Для проверки этого явления достаточно включить в приёмную антенну последовательно с приёмником резонансный волномер. Волномер настраивается на основную частоту передатчика, затрудняя ей доступ в приёмник. Если при настройке контура волномера на рабочую частоту станции паразитное колебание исчезает, то, следовательно, оно возникает в самом приёмнике и может быть устранено только улучшением его избирательности. Это обстоятельство следует иметь в виду при использовании лампового приёмника в качестве контрольного прибора, а также при поступлении жалоб на появление помех от радиостанции. Кроме того, паразитные колебания обнаруживаются при помощи следующих методов.

Если в статическом режиме ступени передатчика при нуле напряжения смещения на сетке и при включённом анодном напряжении сеточный ток имеет преувеличенное значение, то следует коснуться анода лампы неоновой лампочкой, укреплённой на изолирующем стержне. При наличии паразитного колебания лампочка вспыхивает. Сильный нагрев вводов лампы — признак наличия ультракоротковолновых колебаний. При этом анодный ток обычно бывает большим. Самовозбуждение на частоте, определяемой индуктивностью блокировочного дросселя, обнаруживается неоновой лампочкой до и после дросселей. Неоновая лампочка должна светиться у одного конца дросселя и гаснуть у другого.

Самовозбуждение, вызываемое связью через ёмкость сетка—анод, может быть обнаружено, если в схеме увеличить ёмкость в

анодном контуре. При этом колебания срываются, так как схема может возбудиться только при условии, что сеточный и анодный контуры являются для данной частоты индуктивностью. Поэтому более устойчивая работа схемы создаётся при использовании меньших индуктивностей в анодном и сеточном контурах.

Для испытания настроенного многоступенчатого передатчика на отсутствие паразитных колебаний выключают задающий генератор при включённом анодном напряжении. Во всех ступенях анодные и сеточные токи должны резко упасть и колебания высокой частоты прекратиться. В этом следует убедиться, касаясь неоновой лампочкой деталей колебательных контуров. Лампочка даст лёгкую вспышку от напряжения постоянного тока и загорится, если в схеме имеется паразитное колебание. Измерение частоты паразитного колебания производят волномером, соблюдая предосторожность.

Самовозбуждение ступени проявляется в том, что при вращении контурного конденсатора или вариометра частота паразитного колебания плавно меняется. При прослушивании работы передатчика в приёмнике слышен изменяющийся по высоте тон.

Вместо выключения задающего генератора можно сильно расстроить колебательный контур одной из первых ступеней. В этом случае высокая частота также должна исчезнуть во всех ступенях, за исключением ближайшей к расстраиваемой.

Если паразитные колебания этими способами не обнаружены, переходят к более серьёзному испытанию. Отсоединяют напряжение смещения и, заземляя цепь постоянного тока сетки, включают анодное напряжение при включённом задающем генераторе. В этом случае анодные токи в лампах могут достигнуть сравнительно больших значений, и величина рассеивания мощности на анодах ламп может превысить допустимое значение. Поэтому нужно внимательно следить за состоянием анодов ламп, не допуская сильного их нагрева. Можно также понизить анодное напряжение или напряжение на экранирующих сетках, включив последовательно дополнительное сопротивление.

Отсутствие паразитных колебаний проверяют неоновой лампочкой при включённом высоком напряжении.

При испытании мощных ступеней передатчика на отсутствие паразитных колебаний следует всегда начинать проверку при пониженном анодном напряжении, постепенно повышая его до нормального значения. Затем снимают напряжение смещения и выключают задающий генератор. На испытываемую ступень подают высокое напряжение, и, вращая переменный конденсатор контура или вариометра, проходят весь диапазон. При этом всё время касаются контура неоновой лампочкой и следят, не появляются ли колебания. Испытав одну ступень, переходят к следующей, подавая на неё высокое напряжение. При испытаниях можно вра-

щать сначала конденсатор сеточного контура, а затем, проверив весь его диапазон, перейти к конденсатору анодного контура. После этого восстанавливают нормальный режим всех ступеней и проверяют настройку контура, вращая переменные конденсаторы. Поочерёдно переходят от одной ступени к другой, проверяя по приборам совпадение минимума анодного тока проверяемой ступени с максимумом анодного тока последующей ступени. Несовпадение показывает наличие самовозбуждения. Исключением из этого правила является случай сильно перенапряжённого режима, когда возможно появление двух минимумов в показаниях анодного прибора.

В телефонном передатчике паразитные колебания возникают легче всего при установке режима на некоторую определённую точку статической характеристики. Поэтому включают передатчик при пониженном анодном напряжении и изменяют напряжение смещения, не подавая возбуждения на проверяемую ступень. Затем постепенно увеличивают анодное напряжение до максимально допустимого.

Если паразитное колебание имеет большую амплитуду, то при лампах с вольфрамовыми катодами можно понизить накал лампы и этим регулировать амплитуду колебаний в желаемых размерах, или включить сопротивления в цепь сетки и анода для понижения интенсивности паразитных колебаний. Обнаружив паразитное колебание, измеряют его волну волномером и стараются определить параметры деталей, входящих в резонансный контур. При помощи неоновой лампочки можно найти пучности напряжения.

Если нельзя добиться спокойного уравновешенного состояния паразитного колебания, то прибегают к помощи вспомогательного лампового генератора, имеющего большой диапазон настройки.

Генератором возбуждают исследуемую ступень, включая в разные участки её чувствительные термоприборы. Меняя в широких пределах частоту генератора, отыскивают резонансные контуры и производят соответствующие изменения в схеме. Этот метод особенно удобен для отыскания быстро затухающих паразитных колебаний, существующих только при определённом режиме мощного генератора.

Очень удобен для определения частоты паразитных колебаний всеволновый приёмник. Всеволновый приёмник с громкоговорителем настраивают на рабочую частоту передатчика и снимают со всех ступеней последнего напряжение возбуждения высокой частоты, например, путём расстройки буферной ступени. После этого постепенно увеличивают возбуждение и записывают показания приборов во всех ступенях, внимательно прослушивая звук приёмника. Кривая зависимости анодных или контурных токов

от напряжения возбуждения (рис. VIII.8) не должна иметь заметных отклонений от прямой. Скачок на участке *AB* кривой — признак динатронного эффекта в лампе. Скачок следует устранить или во всяком случае выбрать постоянную рабочую точку выше или ниже этого участка. Появление в громкоговорителе хрипов, воя и т. д. также является признаком паразитных колебаний. При этом можно выявить место возникновения «паразита», выключая одну ступень за другой, начиная с самой мощной.

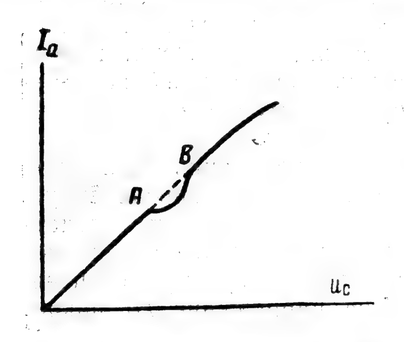


Рис. VIII.8. Зависимость анодных токов от напряжения возбуждения

Паразитные колебания на волне, длиннее рабочей, могут модулировать несущую частоту, что также выявляется прослушиванием на приёмнике. Кроме несущей, появляются боковые частоты, отстоящие от основной частоты на частоту длинноволнового паразитного колебания.

Для быстрой проверки передатчика поворачивают конденсатор или вариометр настройки в обе стороны около одной точки шкалы и наблюдают при этом за колебаниями стрелок приборов. При отсутствии паразитных колебаний все стрелки приборов во всех ступенях будут качаться в такт.

Для определения того, какое паразитное колебание имеет место—двухтактное или однотактное, используют рамку, замкнутую на неоновую лампочку. Помещая рамку между параллельными проводами, ведущими к сеткам ламп в двухтактной схеме, или между параллельными проводами, идущими к колебательному контуру, следят за интенсивностью горения лампочки. При однотактном колебании оба провода несут одинаковый потенциал, и лампочка светится ярче при приближении рамки к одному из проводов, при двухтактном колебании лампочка светится ярче при помещении рамки параллельно плоскости проводов и на одинаковом расстоянии от каждого провода.

Если частота паразитного колебания мала, то при отсутствии колебаний основной частоты можно попробовать соединить проводом аноды ламп противоположных плеч в двухтактной схеме друг с другом и аналогично поступить с сетками. Если паразитное колебание сохранится, то это значит, что колебания возникают по параллельной схеме.

Одним из признаков возникновения колебаний по параллельной схеме служит появление потенциалов высокой частоты там, где их обычно не бывает, как например, на подводящих проводах,

блокировочных конденсаторах, имеющих соединение с землёй, и т. д., а также появление искрения в окружающих металлических каркасах и рамах.

При проверке неоновой лампочкой коротковолнового передатчика с двухтактной схемой появление однотактного паразитного колебания мало изменяет свечение лампочки при движении её вдоль катушки анодного контура, так как катушка в этом случае представляет собой почти короткое замыкание. Если при передвижении лампочки вдоль блокировочного дросселя свечение колеблется, обнаруживая узлы и пучности напряжения, это означает, что имеются ультракоротковолновые колебания.

В этих случаях—возникновения колебаний очень высокой частоты — следует заменить селитовое сопротивление у вводов сеток ламп. Можно увеличить значение этого сопротивления, однако, если регулируемая ступень относится к телефонному передатчику, то такое увеличение может вызвать демодуляцию сигнала на положительных пиках. Во избежание этого следует шунтировать сопротивление небольшим дросселем. При параллельном включении ламп антипаразитные средства должны быть включены перед каждой лампой.

Для устранения очень высоких паразитных частот, а также частот, вызываемых анодными и сеточными дросселями, следует включать в двухтактный анодный контур коротковолновых передатчиков дифференциальный конденсатор сдвоенного типа. Средняя система пластин должна заземляться через дополнительный конденсатор или непосредственно. В тех случаях, когда такого сдвоенного конденсатора в схеме нет, помогает подключение небольшого переменного конденсатора (10—20 *см*) непосредственно между одним из бачков лампы и землёй.

В длинноволновых передатчиках при двухтактной схеме следует попытаться перекрестить провода, идущие от анодов ламп к колебательному контуру.

При наличии соединительных сеточных фидеров помогает включение между проводами активных сопротивлений с заземлением средней точки или включение последовательных сопротивлений в каждый провод. Генерация на волне дросселей уничтожается увеличением индуктивности анодного или уменьшением индуктивности сеточного дросселя, а также шунтированием его сопротивлением. Вместо дросселя можно поставить остеклованное сопротивление, обладающее достаточной индуктивностью.

Часто причиной самовозбуждения является неудовлетворительная работа цепи нейтрализации. Как правило, следует сокращать длину проводов этой цепи. В некоторых случаях помогает включение сопротивлений в каждое плечо нейтрализующего моста. Однако такое включение может внести большое затухание на основной частоте и ухудшить нейтрализацию. Для устранения

этого сопротивление можно включить не последовательно, а параллельно, шунтируя часть монтажного провода. Так как причиной плохой нейтрализации часто является индуктивность проводов, то следует уменьшить её, заменив провод малого сечения медными шинами или лентами. Можно также улучшить баланс включением дополнительной индуктивности, распределив её между плечами моста. Для этого небольшая катушка индуктивности включается одним концом к аноду ламп, другим к нейтродинному конденсатору. Провод к анодному колебательному контуру подключается к точке вблизи середины катушки. Перемещая точку присоединения, отыскивают положение баланса.

Необходимо также устранить прямое воздействие анодной цепи на сеточную, улучшив экранировку сеточного контура. Иногда при средних волнах связывающим звеном может явиться общий металлический каркас, на котором крепятся детали сеточного и анодного контуров. Каркас образует виток, создающий обратную связь между контурами. В этом случае каркас должен быть распилен таким образом, чтобы электрическая цепь была разорвана. Подобные металлические предметы, образующие короткозамкнутые витки, будучи помещены в сильное электромагнитное поле, кроме того, поглощают значительную энергию, идущую на их нагрев.

Если паразитные колебания обнаруживаются при настройке передатчика и нет времени для радикальных изменений в схеме, следует принять следующие меры.

Сеточный контур настраивают на более высокую частоту, чем рабочая, т. е. настраивающий конденсатор или индуктивность немного не доводится до резонанса, если настройка ведётся от меньших величин их к большим. Анодный контур, наоборот, настраивают на более низкую частоту, вводя немного больше ёмкости или индуктивности, чем это необходимо для резонанса.

Второй мерой является увеличение связи с антенной, т. е. увеличение нагрузки контура. При этом сопротивление контура падает, и условия для самовозбуждения ухудшаются. Это же средство можно применить и в промежуточных, слабо нагруженных ступенях, включая дополнительную нагрузку.

Если сеточный ток показывает минимум вместо максимума в момент резонанса или возрастает при подаче высокого напряжения на анод лампы настроенной ступени, то это служит признаком самовозбуждения.

В схемах с экранированными лампами часто обнаруживается самовозбуждение, вызванное близостью монтажа сеточного и анодного контуров и неудачным расположением деталей контуров. Непосредственная связь устанавливается через ёмкости и параллельно идущие провода. В этом случае необходимо улучшить экранировку сеточного контура от анодного. Если соедини-

тельные провода конденсатора, замыкающего экранирующую сетку на землю, длинны и обладают заметной индуктивностью, то экранирующая сетка уже не выполняет своих функций, и ступень самовозбуждается. Особенно это справедливо для ультравысоких частот.

В некоторых типах коротковолновых передатчиков для борьбы с этим включают шунтирующие конденсаторы непосредственно около самых вводов лампы. Конденсаторы имеют суммарную ёмкость 20 000 *см* и присоединяются к лампе ещё до установки её на место. В других передатчиках индуктивность экранирующей сетки нейтрализуют включением между сеткой и катодом лампы резонансного контура, состоящего из последовательно включённого переменного конденсатора C_1 и катушки индуктивности L_1. Контур настраивается на резонанс напряжений (рис. VIII.9).

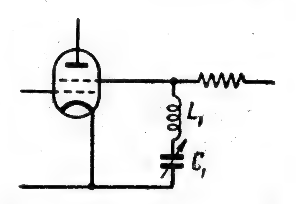


Рис. VIII.9. Схема антипаразитного резонансного контура

Иногда для ультравысоких частот экранирующая сетка выполняет функции анода. Возникающие паразитные колебания подавляются включением сопротивления в цепь управляющей сетки.

При параллельном включении ламп необходимо поместить небольшие индуктивности в цепь анода и включить активные сопротивления в цепь сетки каждой лампы. Если включение сопротивлений, например при коротких волнах, нежелательно, следует так монтировать параллельно включаемые лампы, чтобы вводы сеток соединялись вместе кратчайшим путём. Если не применить этих мер, то паразитные колебания возникнут за счёт индуктивности проводов между сетками и внутриэлектродной ёмкости ламп.

В передатчиках с анодной модуляцией в последней ступени причиной возникновения паразитных колебаний может явиться модуляционный тракт, который обычно не имеет цепи нейтрализации, хотя внутриёмкостная связь ламп достаточно велика. Паразитные колебания возникают из-за резонансных свойств модуляционного трансформатора. Обычно модуляционные трансформаторы конструируются так, чтобы не было резонансных свойств в пределах звукового спектра. Однако при более высоких частотах — 20 000 *гц* и выше — вполне возможны как последовательный, так и параллельный резонансы в колебательных цепях, образуемых индуктивностью обмоток и распределённой ёмкостью, например ёмкостью вводов.

Для устранения паразитных колебаний подмодуляционный трансформатор должен быть загружен активным сопротивлением. Это средство может не подействовать, если подмодуляционный

трансформатор отнесён далеко и соединён с лампами длинными проводами, образующими виток. В этом случае помогает соединение сетки лампы с катодом через ёмкость.

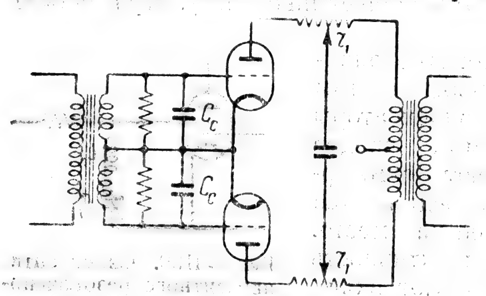


Рис. VIII.10. Схема защиты модуляционного тракта

Включают также небольшие активные сопротивления в анод каждой лампы, а первичную обмотку модуляционного трансформатора замыкают цепью из последовательно включённой ёмкости и сопротивления (рис. VIII.10). При этом величину ёмкости C выбирают такой, чтобы ёмкостное сопротивление сохранялось достаточно большим в рабочем диапазоне звуковых частот и было бы малым для паразитных частот; для последних активное сопротивление будет вносить большое затухание.

VIII.5. Особые случаи возникновения паразитных колебаний

Из практики известны случаи появления паразитных колебаний, обнаруживаемых случайно путём прослушивания передач на некотором удалении от радиостанции. Обычно появляются жалобы на работу данной станции на неприсвоенной ей частоте или на появление в пространстве целой группы паразитных излучений, мешающих работе других станций. Непосредственное обследование передатчика обычными методами не выявляет причин возникновения этих излучений. Для облегчения отыскания причины весьма желательно, в дополнение к обычным приборам, иметь еще компаратор с рамочной антенной для измерения напряжённости поля.

Наиболее часто замечаемое явление, вызывающее жалобы, заключается в наложении программы чужой станции, далеко отстоящей по частоте от испытываемой, на передачу последней. В этих случаях в первую очередь следует проверить, постоянно ли это явление или возникает только в вечернее время.

Наложение программы мощной станции на маломощную в вечернее время объясняется нелинейностью ионосферы (Горьковский эффект). Вблизи от радиостанции этот эффект не должен наблюдаться, так как он обусловлен отражением энергии испытуемой станции от ионосферного слоя. Слой, подвергаясь влиянию энергии, излучённой мощной станцией, колеблется в такт с модуляцией, и это вызывает наложение программы мощной станции на менее мощную. Как показывает опыт, Горьковский эффект дей-

ствует только в определённых границах и в определённое время суток. Для устранения наложения необходимо переместить мешающую станцию в диапазон более коротких волн, например из длинноволнового диапазона в средний.

Если исследование показывает, что наложение программ существует и вблизи станции, то причину следует искать в проводах, по которым подаётся программа из радиоаппаратной на радиоцентр: прохождение трансляционных проводов в районах с сильным электромагнитным полем других радиостанций при наличии неплотного окислившегося контакта в месте соединения проводов приводит к детектированию наведённой на провод высокочастотной энергии и к появлению звуковых частот второй мешающей программы. Эти причины наложений устраняются тщательным ремонтом проводов.

К наложениям также приводит недостаточное переходное затухание между цепями или неудовлетворительно выполненная коммутация аппаратуры в оконечных пунктах.

На радиоцентре одной из причин наложения может быть сильное электромагнитное поле, а также плохой контакт в аппаратуре, где уровень подаваемого сигнала ещё слаб. Если монтаж в порядке, причину следует искать в самом передатчике. Иногда передатчик излучает самые неожиданные частоты.

Появление новых частот может вызываться нелинейными приборами в схеме передатчика (лампы выходной ступени, ламповый контрольный детектор, детектор обратной связи и т. п.). Если к этим приборам поступает энергия нескольких высоких частот, то в итоге прохождения через нелинейный прибор образуются новые комбинационные частоты. Так, например, в одном случае у радиостанции, работающей на частоте в 1000 *кгц*, было обнаружено паразитное излучение на частоте 900 *кгц*. Тщательное обследование показало, что причиной излучения на частоте в 900 *кгц* явилось наличие в нескольких километрах от данной радиостанции второго передатчика с рабочей частотой в 1100 *кгц*. Эта частота 1100 *кгц* индуктировалась в антенне первой станции и, проходя по контурам, достигала ламп мощной ступени. Вторая гармоника основной частоты 1000 *кгц* и частота 1100 *кгц* создавали в лампах новую комбинационную частоту 2.1000—1100 = 900 *кгц*. Для устранения этого в фидерную линию передатчика с частотой 1000 *кгц* был включён дополнительный фильтр-пробка, прекративший доступ мешающей частоте 1100 *кгц* к лампам (рис. VIII.11).

В другом случае на работу маломощной станции накладывалась программа мощной станции, расположенной в нескольких километрах от первой и работавшей на значительно отличающейся частоте. При ближайшем изучении явления выявилась необходимость дополнительной установки небольшого фильтра-пробки

в цепи детектора обратной связи. Причина наложения заключалась в индуктировании сравнительно небольших токов в антенне полем мощного передатчика. Индуктированные токи выпрямлялись детектором обратной связи и подавались на вход передатчика. Достаточно было настроить фильтр на частоту мешающей станции и прекратить её доступ к детектору, как наложение прекратилось.

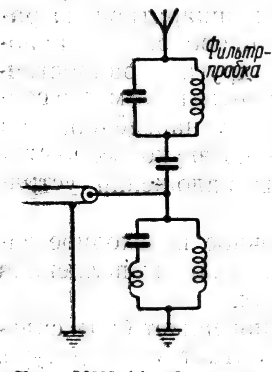
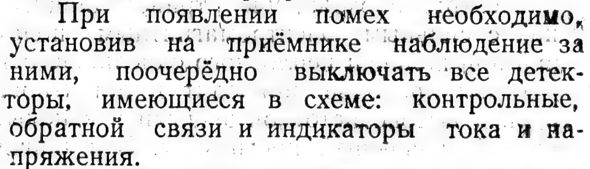
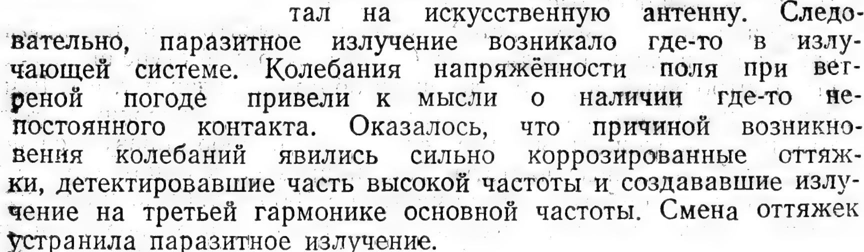


Рис. VIII.11. Фильтр-пробка



При появлении помех необходимо, установив на приёмнике наблюдение за ними, поочерёдно выключать все детекторы, имеющиеся в схеме: контрольные, обратной связи и индикаторы тока и напряжения.

Интересное и необычное явление было обнаружено на одной из вещательных станций, излучавшей паразитную частоту, соответствующую третьей гармонике от основной. Напряжённость поля паразитного излучения сильно колебалась. Испытания показали, что колебание пропадало, если передатчик работал на искусственную антенну. Следовательно, паразитное излучение возникало где-то в излучающей системе. Колебания напряжённости поля при ветреной погоде привели к мысли о наличии где-то непостоянного контакта. Оказалось, что причиной возникновения колебаний явились сильно коррозированные оттяжки, детектировавшие часть высокой частоты и создававшие излучение на третьей гармонике основной частоты. Смена оттяжек устранила паразитное излучение.



Паразитные колебания возникают также из-за взаимодействия между ступенями передатчика, имеющими общие источники питания. В этом случае необходимо применять развязывающие фильтры и тщательно выполнять высокочастотное заземление. Необходимо следить, чтобы высокочастотные токи имели кратчайший путь к земле, не растекались по схеме и не проходили через общий источник питания. Для этой цели в каждой ступени со стороны выпрямителя перед анодным дросселем должен быть включён конденсатор, замыкающий высокочастотный ток на землю.

На уничтожение паразитных колебаний более низких частот влияет заземление каркасов, стоек, оболочек кабеля и т. п. В некоторых случаях бывает необходимо удалить катушку индуктивности от земли, чтобы уменьшить её распределённую ёмкость по отношению к земле или переключить концы катушки для перемены знака взаимоиндуктивности (конечно, за исключением тех

случаев, где знак взаимоиндуктивности определяет собой работу схемы, например, в задающем генераторе и т. п.).

В одном случае мощные паразитные колебания появились в схеме из-за наличия в цепи смещающего напряжения сетки лампы, проводов, уложенных в незаземлённых трубах. На другом передатчике колебательный контур паразитных колебаний был создан регулирующими тягами, служившими для вращения на расстоянии вариометров настройки. Проволочный трос шёл параллельно проводу, несущему ток высокой частоты. Трос поддерживался роликами, закреплёнными в бетоне. Последний оказался достаточно хорошим изолятором. Колебания удалось заглушить заземлением троса.

Стальная арматура в бетонном полу может играть роль не только поглотителя энергии, но и источника возникновения паразитных колебаний. Поэтому необходимо приподнимать катушки индуктивности с сильными магнитными полями выше от пола, а в случае обнаружения его нагрева и лёгких потрескиваний во время работы передатчика присоединить арматуру к общей системе заземления.

VIII.6. Методы ослабления гармоник основной частоты

Методы борьбы с гармониками могут быть разделены на две группы. Первая из них охватывает методы ослабления гармоник, предусматриваемые при конструировании передатчика и при выборе схемы устройства. Сюда относятся:

1) применение одного или более промежуточных контуров между последней ступенью передатчика и антенной;

2) создание неблагоприятных для гармоник связей с антенной, а также связей между промежуточными контурами, например ёмкостных;

3) установка специальных фильтров между последней ступенью и антенной;

4) использование в последней ступени симметричной схемы и выбор угла отсечки.

Вторая группа методов применяется в тех случаях, когда какая-либо из гармоник случайно оказалась в благоприятных для излучения условиях и требует принятия специальных мер для её подавления. К этой группе могут быть отнесены:

1) включение поглощающих фильтров;

2) подбор параметров антенны;

3) применение специальных схем.

Рассмотрим некоторые варианты схемы соединения деталей между последней ступенью и антенной с точки зрения того, как ими поглощаются гармоники. Можно сразу отметить, что ёмкостная связь даст большее ослабление гармоник. Частота

гармоник больше основной и, следовательно, ёмкостное сопротивление для них тем меньше, чем выше порядок гармоники. Индуктивные ветви, наоборот, оказывают тем большее сопротивление, чем выше порядок гармоник.

Для получения максимальной фильтрации необходимо стремиться к уменьшению декрементов контуров, используя полностью их резонансные свойства. Однако контуры с малыми декрементами не будут пропускать боковых частот в телефонных передатчиках.

Фильтрация получается тем больше, чем меньше коэффициент полезного действия контура. Поэтому необходимо для каждого отдельного случая применять компромиссные решения.

Дальнейшее увеличение коэффициента фильтрации возможно введением нескольких промежуточных контуров. По этому принципу сконструировано большинство мощных радиовещательных передатчиков.

Побочные ёмкостные связи, возникающие между деталями контуров, всегда содействуют проникновению в антенну гармоник. Ток гармоник течёт через паразитные ёмкости, создавая с индуктивностью соединительных проводов контуры, приближающиеся по своим параметрам к резонансу на волне гармоники. Это явление может быть исключено, если применять экраны в связанных между собой катушках индуктивности. Экран устраняет ёмкостные связи между индуктивностями, возникающие вследствие наличия электростатического поля между ними, и осуществляется в виде ряда проводов, помещённых между катушками и образующих металлическую решётку. Провода экрана заземляются только в одной точке, и длина каждого провода берётся не более 0,1 волны самой высокой гармоники. Верхние концы проводов экрана остаются изолированными, чтобы не образовывались короткозамкнутые витки.

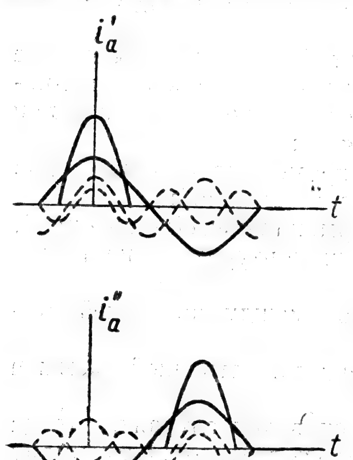


Рис. VIII.12. Импульсы анодного тока ламп в плечах двухтактной схемы

Весьма эффективным средством ослабления чётных гармоник является использование в последней ступени передатчика двухтактной симметричной схемы и установление режима с отсечкой в 90°. На рис. VIII.12 показаны импульсы анодного тока ламп каждого плеча, сдвинутые по фазе на 180°, а также составляю-

щие импульса. Сравнивая токи составляющих первой и второй ламп, нетрудно убедиться, что все нечётные гармоники одного плеча сдвинуты по фазе на 180° относительно тех же гармоник второго плеча. Токи же чётных гармоник находятся в фазе.

Напряжение чётных гармоник возникает на анодах ламп также в фазе и, следовательно, по отношению к чётным гармоникам двухтактная схема ведёт себя как однотактная. Токи чётных гармоник направлены в контурной катушке навстречу друг другу, и при полной симметрии схемы общий ток чётных гармоник в катушке контура равен нулю. Это в значительной степени улучшает фильтрацию гармоник, являясь преимуществом двухтактной схемы. Однако необходимо иметь в виду, что в силу указанного выше совпадения по фазе будет существовать напряжение чётных гармоник на индуктивности по отношению к земле. Если индуктивность имеет достаточную ёмкость по отношению к катушке антенного контура, то токи чётных гармоник будут протекать в антенный контур (рис. VIII.13). Для улучшения фильтрации следует соединять среднюю точку одного плеча контура с катодами ламп, а именно то плечо, которое не связано с антенным контуром.

Переделка существующих однотактных схем на двухтактные не требует больших затрат и может быть рекомендована.

При необходимости получения высокого значения коэффициента фильтрации используют многоконтурные схемы и включение отдельных запирающих контуров и фильтров.

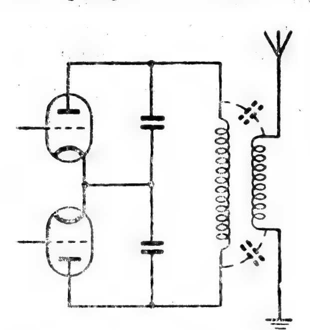


Рис. VIII.13. Схема улучшения фильтрации гармоник

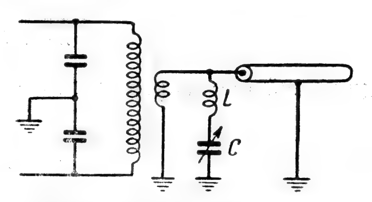


Рис. VIII.14. Схема включения короткозамыкающего настроенного контура

Короткозамыкающий контур для подавления одной из гармоник изображён на рис. VIII.14. Последовательное включение индуктивности L и ёмкости C, настроенных в резонанс на устраняемую частоту, замыкает её накоротко. Действие замыкающей цепи проявляется тем эффективнее, чем меньше активные потери резонансной ветви. Значения L и C должны отвечать условию:

$$\omega_n = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

где ω_n — частота подавляемой гармоники.

Для основной частоты включение параллельной ветви приводит к потере некоторой мощности. Напряжённость поля гармоники при практическом выполнении такого контура на одной из вещательных станций уменьшилась в 10 раз, а на другой—в 100 раз. Для коротковолновых передатчиков схемы подавления гармоник

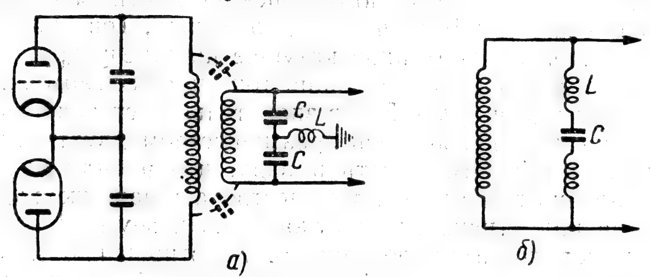


Рис. VIII.15. Схемы подавления гармоник

показаны на рис. VIII.15*а* и *б*. Первая схема используется для подавления чётных гармоник, вторая — для нечётных.

Выше уже отмечалось, что по отношению к чётным гармоникам катушка индуктивности имеет потенциал относительно земли. Поэтому оба провода фидера имеют одинаковый потенциал и закорачивающий контур включается между проводами фидера на землю. Для подавления нечётных гармоник контур включается между проводами фидера. Значения для элементов фильтра выбираются для чётных гармоник по формуле:

$$\frac{1}{n\,\omega\,2C} = n\,\omega\,L,$$

а для нечётных гармоник по формуле:

$$\frac{1}{n\,\omega\,C} = n\omega\,2\,L,$$

где n — порядок гармоники, ω — рабочая частота.

Конструктивно необходимую ёмкость создают включением малогабаритных вакуумных конденсаторов или коротких кусков высокочастотного коаксиального кабеля. Катушки выполняют бескаркасного типа. Весь фильтр экранируют алюминиевым или медным кожухом. При этом в зависимости от тщательности изготовления и сборки всей схемы в целом можно получить затухание в 10—20 *дб*.

Вместо фильтра можно применять также подключение к фидеру разомкнутого на конце шлейфа. Длина шлейфа берётся несколько меньшей 1/4 подавляемой волны. Такой шлейф для данной гармоники эквивалентен короткому замыканию. Если необ-

ходимо подавить ряд частот, подвешивают несколько шлейфов по числу гармоник. Шлейфы следует включать возможно ближе к передатчику, чтобы избежать излучения гармоник отрезком фидера между передатчиком и шлейфом. Подключение шлейфа практически создаёт затухание от 10 до 20 *дб*.

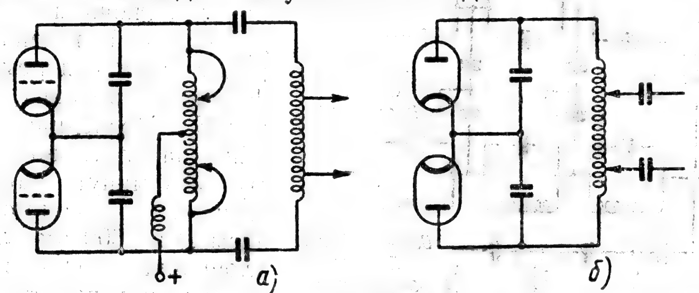


Рис. VIII.16. Улучшенные схемы выходной ступени с повышенной фильтрацией

В связи с сооружением телевизионных передатчиков требования к уменьшению паразитных колебаний коротковолновых передатчиков значительно усилились. Если принять наименьшую напряжённость поля защищаемого телевизионного сигнала в 500 *мкв/м*, то интенсивность помехи не должна превышать 5 *мкв/м*. Это вынуждает применять для коротковолнового передатчика сложные схемы, обладающие более высокой фильтрацией.

Наиболее распространённые схемы (рис. VIII.16*а* и *б*) не дают достаточной фильтрации.

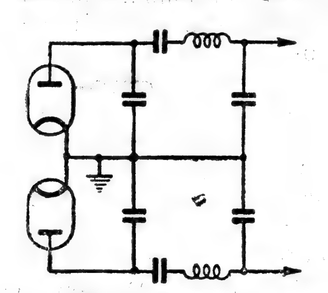


Рис. VIII.17. Схема с одной фильтрующей ячейкой

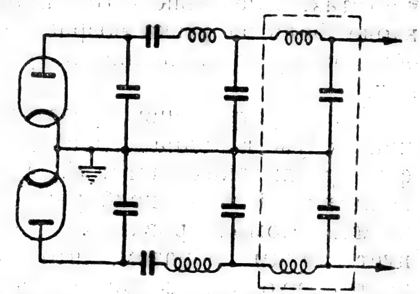


Рис. VIII.18. Схема с двумя фильтрующими ячейками

Схема рис. VIII.17 путём включения фильтрующей ячейки снижает вторую гармонику на 42 *дб* и третью на 54 *дб*. Усложнив схему добавлением второй ячейки (рис. VIII.18), можно получить снижение второй гармоники на 62 *дб*.

На рис. VIII.19 приведён более совершенный комбинированный фильтр, разработанный Розенфельдом Е. И. и Гуревичем С. С. Комбинированный фильтр состоит из фильтра низких частот *А*, не пропускающего частот выше заданной и включаемого между выходной ступенью передатчика и фидером, и из фильтра высоких частот *Б*. Последний включён параллельно первому и замкнут на конце активным сопротивлением *R* в 600 *ом* для поглощения мощности более высоких частот.

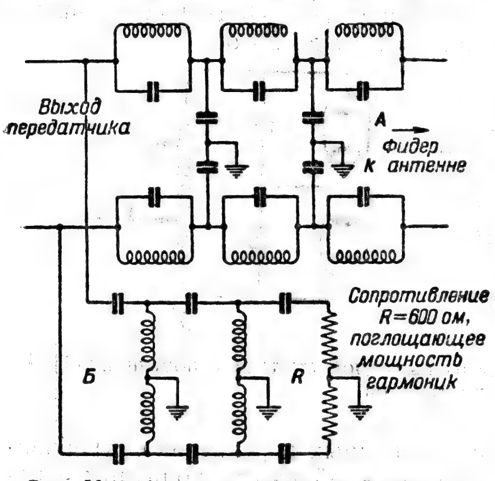


Рис. VIII.19. Комбинированный фильтр

Для фильтра А сопротивлением нагрузки является фидер, соединяющий передатчик с антенной. Входное сопротивление фидера в общем случае будет комплексным и может изменяться в в широких пределах, различных для однотактной и двухтактной волн. Сопротивление выходной ступени передатчика для гармоник имеет реактивный характер. Входное сопротивление фильтра низких частот *А* в полосе задерживания также является реактивным. Это может привести к резонансным явлениям на некоторых частотах, вследствие чего напряжение высших гармонических на входе фильтра резко возрастает и подключение его не даёт необходимого ослабления излучения гармоник.

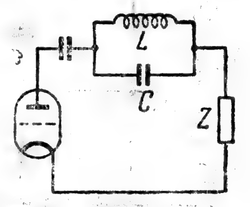


Рис. VIII.20. Схема с запирающим контуром

Для устранения резонансных явлений служит параллельно подключённый фильтр высоких частот *Б*. Частоты среза фильтров *А* и *Б* подбираются совпадающими. Комбинированный фильтр действует таким образом, что для высоких частот входное сопротивление фильтра *Б* представляет собой активное сопротивление и резонансные явления не имеют места. Мощность гармоник поглощается в сопротивлении *R*, замыкающем фильтр. Фильтр *А* рассчитан на пропускание полосы частот, что позволяет не производить его перестройки при смене рабочих частот передатчика в некотором диапазоне.

Для устранения гармоники в анодном контуре применяют иногда включение запирающего контура (рис. VIII.20). Контур настраивают на частоту, подлежащую устранению. Если значения ёмкости C и индуктивности L выбраны так, что

$$\omega_n = 2\pi f_n = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

где f_n — частота устраняемой гармоники, то антипаразитный контур представит для неё большое сопротивление:

$$Z_n = \frac{L}{Cr},$$

где r — активное сопротивление антипаразитного контура.

Выгоднее брать больше величину C, уменьшая L.

Для уменьшения потерь на основной частоте можно применить включение по схеме рис. VIII.21. Значения элементов контура подбираются так, чтобы были удовлетворены условия:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad \omega_n = \frac{1}{\sqrt{L\frac{C \cdot C_1}{C + C_1}}},$$

где ω — основная частота. Одна из ветвей настраивается в резонанс на основную частоту и представляет для неё малое сопротивление. Обе ветви вместе настроены в резонанс на поглощаемую частоту представляют для поглощаемой частоты растёт с

Сопротивление контура для поглощаемой частоты растёт с увеличением индуктивности и с уменьшением ёмкости. Но при этом возрастает также напряжение основной частоты на элементах L и C.

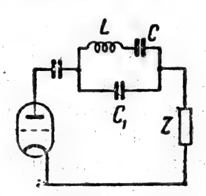


Рис. VIII.21. Схема для уменьшения потерь фильтрации

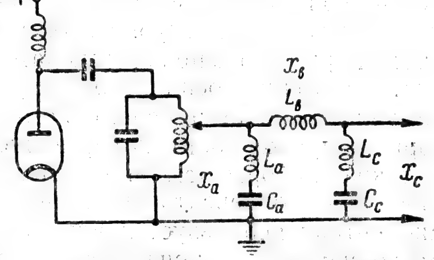


Рис. VIII.22. Схема с упрощённым фильтром

Весьма эффективные результаты даёт схема фильтрации, показанная на рис. VIII.22. Она сравнительно проста и легко выполнима. Схема состоит из трёх комплексных сопротивлений x_a, $x_в$ и x_c. Элементы L_a, C_a и L_c C_c, входящие в состав этих сопротивлений, настраиваются в резонанс на частоту фильтруемых гармоник.

ГЛАВА IX

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА ЛАБОРАТОРИИ РАДИОЦЕНТРА

IX.1. Общие сведения

Каждый радиоцентр должен обладать контрольно-измерительной аппаратурой, позволяющей производить периодическую градуировку технических измерительных приборов и проверку технических показателей оборудования.

Разнообразие проводимых на радиоцентре контрольных измерений требует оснащения лабораторий достаточным количеством измерительной аппаратуры. Основными приборами являются: многошкальные вольтамперметры, пригодные для измерения постоянного и переменного тока, термоамперметры на различную величину тока, катодные вольтметры, электростатические вольтметры, ваттметры, частотомеры, измерительная стойка для измерения глубины модуляции, нелинейных искажений и уровня фона, ламповые генераторы на звуковые и высокие частоты, катодный осциллограф с развёрткой, измерительные мосты постоянного тока и переменного тока высокой частоты, индикаторы напряжённости поля, волномеры, хронометры, тахометры, а также наборы эталонных высокочастотных и обычных сопротивлений, конденсаторов и индуктивностей. Кроме того, на радиоцентрах используется аппаратура, значительно сокращающая расходуемое на производство измерения время и облегчающая проведение самих измерений. Сюда могут быть отнесены зетметры, куметры, панорамики, кварцевые калибраторы частоты, генераторы качающейся частоты, многошкальные осциллографы, компараторы широкого диапазона, спектографы и различная пишущая аппаратура.

Помимо стандартных приборов заводского изготовления, на радиоцентрах находят также применение подсобные приборы, как например, индикаторы напряжения, шлейфы для измерения и настройки антенн и другие приборы, изготовляемые на месте.

Измерительная аппаратура должна находиться на радиоцентре под особым контролем. На каждый прибор должны иметься паспорт, описание и руководство по производству измерений. Приборы должны быть опечатаны. Пользоваться прибором могут только лица, достаточно квалифицированные, знающие его особенности. При измерениях должны употребляться придаваемые к прибору шнуры, зажимы и т. д. Прибор может использоваться только с соблюдением определённых правил, чистоты рабочего места (отсутствие влаги или пыли, могущей нарушить исправную работу прибора). В случае повреждения прибора его нельзя вскрывать в отсутствие технического руководства радиостанции. О вскрытии составляется акт с изложением обстоятельств и причин повреждения, после чего прибор направляется для исправления.

Точные приборы классов 0,2 и 0,5 подлежат ежегодной государственной проверке органами Комитета по делам мер и измерительных приборов или ведомственной лабораторией, имеющей разрешение на производство проверки приборов. Приборы классов точности 1; 1,5 и 2,5 проверяются раз в два года. Радиотехническая измерительная аппаратура проверяется в сроки, указанные в циркулярах органов, ведающих проверкой приборов.

IX.2. Приборы для измерения постоянного и переменного тока и напряжения

Приборы постоянного тока необходимы для измерения напряжения и тока накала ламп, для измерения анодного тока, напряжений смещения и т. д.

Амперметр и вольтметр постоянного тока имеют в своей основе одинаковый прибор — гальванометр. Его стрелка может быть отклонена на полную шкалу током в несколько миллиампер. Снабжая гальванометр набором шунтов, можно получить амперметр, измеряющий все встречающиеся в обычной практике токи. Снабжая гальванометр набором последовательно включаемых сопротивлений, можно получить вольтметр для измерения различных напряжений. Сопротивления обычно помещаются в общем кожухе с прибором.

Повсеместное применение нашли многошкальные вольтампермиллиамперметры. Промышленностью выпускается несколько типов таких приборов: милливольтмиллиамперметр типа М-15 измеряет токи от 0,001 *ма* до 50 *а* и напряжения от 0,1 *мв* до 1,5 *в*. Прибор типа М-16 измеряет токи от 0,001 *ма* до 30 *а* и напряжения от 0,3 *мв* до 300 *в*.

Более простыми являются приборы типа М-45, выпускаемые на следующие пределы измерений — амперметры: 0 — 0,3 *а*,

0—1,5 *а*, 0—75 *а*, 0—150 *а*; вольтметры: 0—3 *в*, 0—3/15/150 *в*; 0—3/15/150/300 *в*; 0—150/300/450 *в*.

Образцами многошкальных приборов электромагнитной системы, пригодных для измерения как постоянного, так и переменного тока, являются: прибор типа АМВ, класса точности 0,5, вольтметр со шкалой 0—7, 5—15—30—60 *в* и вольтметр со шкалой 0—75—150—300—600 *в*. Миллиамперметры типа АСТ-МА и амперметры типа АСТ-А со шкалами: первый на 0—50—100 *ма* или 0—250—500 *ма* и второй на 0—0,5—1 *а*, 0—0,5—5 *а*, 0—5—10 *а*. Для расширения пределов измерения при переменном токе пользуются измерительными трансформаторами.

Среди электродинамических приборов следует упомянуть ваттметр типа АСТД с добавочным сопротивлением типа ДВТ. Ваттметр имеет пределы измерений по току 5 *а* и по напряжению 150 *в*. Пределы расширяются по напряжению применением добавочных сопротивлений до 300, 450 и 600 *в* и по току применением измерительного трансформатора тока класса 0,2.

IX.3. Приборы для измерения токов высокой частоты

Для измерения токов высокой частоты используются, главным образом, термоприборы. Термоприбор состоит из нити, по которой проходит измеряемый ток, и термоэлемента. При нагреве нити термоэлемент создаёт напряжение, измеряемое чувствительным гальванометром постоянного тока. Шкала термоприборов квадратичная и градуируется на эффективные значения. Устройство термопары бывает различным. Термоэлемент или непосредственно касается подогреваемой нити, или заключается в стеклянный шарик, электрически изолирующий термопару от подогреваемой нити. Иногда термопара вместе с нитью помещается в стеклянной трубочке, из которой выкачан воздух. Точность термоприбора лежит в пределах от 1% для более низких частот (до 1 *мггц*) и до 5% для более высоких частот.

Термоприборы плохо переносят перегрузку. Даже кратковременная перегрузка не должна превышать 10—50% от нормальной, поэтому при измерениях с помощью термоприборов необходимо соблюдать осторожность и иметь комплект приборов для измерения различных токов. В эксплуатационных условиях, когда при перестройке передатчика возможны большие броски тока, термоамперметры необходимо шунтировать рубильниками, размыкая последние только на время измерений.

Термоприборы можно градуировать постоянным током, проводя градуировку дважды с изменением полярности источника тока. Если в показаниях наблюдается разность, берут среднее из двух измерений за истинное значение.

Промышленность выпускает термоприборы типа Т-4 на различные пределы измерения — 0,5; 1,2; 3,6; 5; 10; 15; 25 и 50 *а*; приборы типа Т-5 на 1; 2; 3; 5; 6; 10 *а* и приборы типа ПМТ-70 на 1; 2; 3,6 и 5 *а*. Для расширения пределов измерения могут быть использованы, как и при промышленной частоте, трансформаторы тока. Вторичная обмотка их наматывается на тороид и трансформатор экранируется. Первичная обмотка обычно представляет собой стержень, проходящий в середине тороида. Стержень включается последовательно в измеряемую цепь. Тороиды изготовляют из материалов, имеющих минимальные потери при высокой частоте. Точность измерений при применении термоприборов с трансформаторами тока равна 2—2,5%.

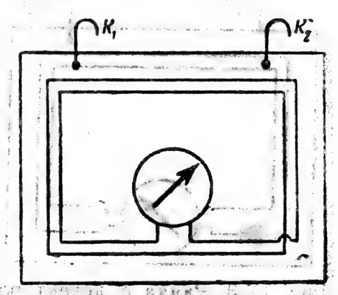


Рис. IX.1. Рамка к термоприбору

Термоприборы на токи 120—250 *ма* особенно удобны для производства измерений антенных устройств. Находят применение также термоприборы со шкалой на 1—15 *а*. Непосредственно в провод термоприборы включаются только в начале фидера, у передатчика. В остальных случаях довольствуются измерением относительных величин, так как включение прибора в провод требует разрывов и временных скруток в последнем, что неудобно. Для измерения относительных величин тока термоприбор снабжают небольшой рамкой размером 15×10 или 20×15 *см*, смонтированной на изолирующей доске и состоящей из нескольких витков провода (рис. IX.1). Доска снабжается двумя крючками K_1, K_2 для подвески её к проводу. Ток в проводах рамки пропорционален величине тока в основном проводе. Для увеличения чувствительности в рамку последовательно с прибором можно включить переменный конденсатор, настраивающий систему рамки на рабочую волну.

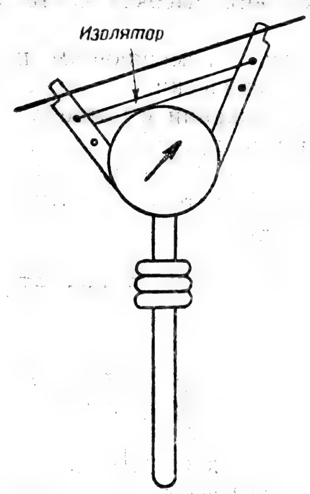


Рис. IX.2. Устройство для изменения чувствительности термоприбора

Можно применить также другое устройство (рис. IX.2), состоящее из термоамперметра, укреплённого на изолирующей рукоятке. К клеммам прибора присоединены две медные шинки,

скользящие верхними концами по проводу фидера. Расстояние между скользящими контактами поддерживается при помощи куска изолирующей трубы постоянным и равным 0,01—0,03 длины волны. Для изменения чувствительности расстояние можно изменять перестановкой изолирующей трубы. Прибор, таким образом, шунтирует часть провода фидера и его показания оказываются пропорциональными току в фидере.

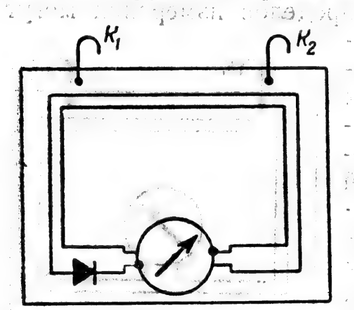


Рис. IX.3. Рамка с детектором и гальванометром

Термоприборы могут быть заменены гальванометрами, включёнными последовательно с кристаллическим или купроксным детектором. Схема использования прибора для данного случая показана на рис. IX.3. Однако недостаточное постоянство детекторных свойств заставляет применять этот метод измерения только при крайней необходимости.

IX.4. Приборы для измерения напряжения высокой частоты

Единственным прибором, непосредственно измеряющим напряжение высокой частоты, является статический вольтметр. Прибор работает только в вертикальном положении и потребляет незначительный ток. Статические вольтметры простейшего типа выпускаются на напряжения от 1500 до 12 000 *в* и широко применяются для измерений напряжений высокой частоты в контурах средневолновых передатчиков. Для измерения напряжений высокой частоты порядка 150—300—600—1500 *в* существуют статические вольтметры большой точности другого типа — многокамерные. Они применяются в лабораторной практике и требуют очень осторожного обращения.

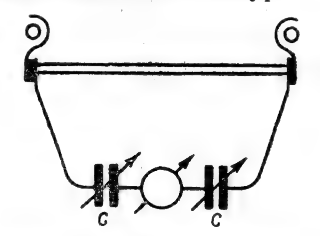


Рис. IX.4. Схема измерения напряжения фидера

Для измерения относительных значений напряжения, например на фидере, можно использовать чувствительный термоприбор, включённый через два конденсатора малой ёмкости порядка 5—10 *см* (рис. IX.4). Ток, проходящий через такой прибор, пропорционален напряжению между проводами.

Для измерения потенциала на одиночном проводе можно пользоваться прибором, изображённым на рис. IX.5.

К проводу, напряжение которого хотят измерить, присоединяют при помощи крюка одну обкладку конденсатора *С* очень малой ёмкости. Вторая обкладка конденсатора присоединяется

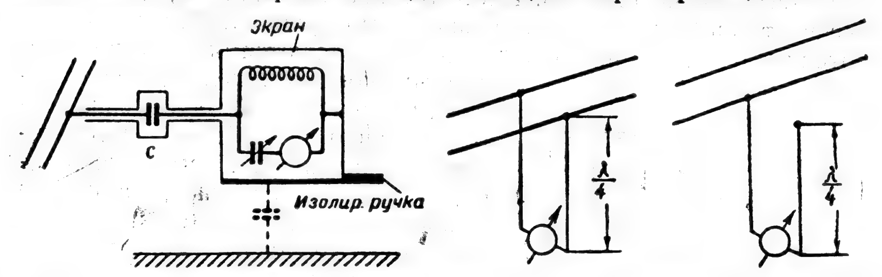


Рис. IX.5. Прибор для измерения потенциала на одиночном проводе

Рис. IX.6. Измерение напряжения с помощью шлейфа

Рис. IX.7. Измерение потенциала провода

проводом к небольшому настроенному контуру, в который включён термоприбор (125—150 *ма*). При этом контур настраивают на волну несколько больше рабочей, чтобы он действовал как ёмкость. Соединительный провод длиной 1—1,5 *м* и контур помещены в экран. К экрану прикреплена изолированная рукоятка. Касаясь крюком различных точек провода, можно получить картину распределения потенциалов.

При не слишком длинных волнах (λ =30—40 *м*) может быть использован очень удобный метод измерения напряжения, предложенный С. И. Нафененко. Для этой цели изготовляется шлейф длиной $\lambda/4$. Шлейф замыкают внизу накоротко через термоприбор. Присоединяя шлейф к двум проводам фидера, получают показания прибора, пропорциональные напряжению между проводами (рис. IX.6) или потенциалу в одном проводе (рис. IX.7).

При измерениях со шлейфом необходимо иметь следующие термоприборы:

при	мощности	передатчика	20	*квт*	на	15	*а*
»	»	»	10	»	»	10	»
»	»	»	5	»	»	5	»
»	»	»	1	»	»	2	»
»	»	»	0,5	»	»	2	»

Шлейфы длиной $\lambda/4$ изготовляются по числу рабочих волн. Начало шлейфа закрепляют на перекладине, имеющей два крюка для подвешивания на проводах фидера. Перпендикулярно к перекладине прикрепляется шест достаточной длины для того, чтобы достать фидер с земли. Конец шлейфа присоединяется к планке с небольшой ручкой. На планке крепится измерительный прибор. Если длина волны велика, то на шлейфе устанав-

ливают ещё промежуточные перекладины (рис. IX.8). Измерение в этом случае производится двумя лицами. Один идёт впереди и касается фидера длинным шестом с началом шлейфа, другой натягивает шлейф и следит за показаниями прибора. При измерении потенциала одного из проводов фидера касаются правого провода правым концом шлейфа, левого — левым концом. Несоблюдение этого правила ведёт к неточностям. По окончании измерений прибор с планки снимают, а шлейф сворачивают и хранят на радиостанции. Входное сопротивление шлейфа равно:

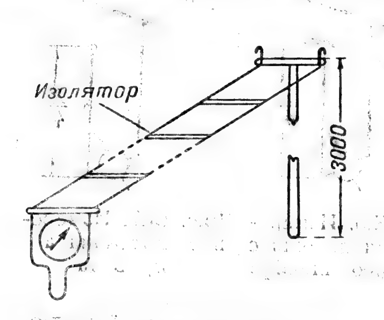


Рис. IX.8. Измерение шлейфом

$$R = \frac{W_ш^2}{R_{пр} + 0{,}5\,R_ш},$$

где $W_ш$ — волновое сопротивление шлейфа, $R_{пр}$ — сопротивление амперметра и $R_ш$ — сопротивление проводов шлейфа. Величина $W_ш$ обычно равна нескольким сотням ом, а величина $R_{пр}$ и $R_ш$ нескольким омам. Поэтому входное сопротивление шлейфа достигает многих десятков тысяч ом.

Измеряемое шлейфом напряжение на фидере при касании обоих проводов равно:

$$U = IW_ш,$$

где I — показание прибора шлейфа.

Если измерять потенциал одного провода, касаясь его крюком, то прибор при хорошем коэффициенте бегучести покажет то же значение I. Это объясняется тем, что в данном случае потенциал провода равен:

$$U = \frac{1}{2}\,IW_ш,$$

так как потенциал на другом свободном крюке устанавливается при этом равным и противоположным по знаку потенциалу на измеряемом проводе.

Таким образом, при хорошем коэффициенте бегучести измеряемые шлейфом токи при касании им одновременно двух проводов и при касании порознь правого и левого провода будут равны между собой. Если в фидере имеются синфазная и противофазная волны, то, пользуясь шлейфом, можно измерить потенциалы каждой из этих волн и определить сдвиг фаз между ними.

Измерив указанным способом токи, можно найти значение потенциалов синфазной и противофазной волн:

$$U_{np} = \frac{1}{2} I_{1,2} W_{ш},$$

$$U_c = \sqrt{\frac{1}{2}\left(I_1^2 + I_2^2 - 2I_{1,2}^2\right) \frac{W_ш}{2}},$$

$$\cos\varphi = \frac{I_1^2 - I_2^2}{4 \cdot I_{1,2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}\left(I_1^2 + I_2^2 - 2I_{1,2}^2\right)}}.$$

Здесь U_{np} — потенциал противофазной волны, U_c — потенциал синфазной волны, I_1 — ток правого провода, I_2 — ток левого провода, $I_{1,2}$ — ток, измеренный при одновременном касании двух проводов, φ — угол сдвига фаз между противофазной и синфазной волнами. Если используется четырёхпроводный фидер, а шлейф двухпроводный, то на конце его вместо двух крюков делают четыре, касаясь при измерениях одновременно четырёх проводов. При перекрещивающихся соединениях шлейф присоединяют каждым проводом к двум проводам одного знака.

IX.5. Катодные вольтметры

Катодные вольтметры получили большое применение в измерительной технике. Они позволяют вести измерения в широком диапазоне частот, так как частотная зависимость прибора практически зависит только от внутриэлектродной ёмкости электронной лампы и ёмкости соединительных проводников. Диапазон измерений напряжений катодным вольтметром очень велик благодаря высокому входному сопротивлению и, следовательно, малому потреблению мощности. Пределы измеряемых напряжений можно расширить при помощи делителей напряжения. При измерении очень высоких частот электронная лампа катодного вольтметра выносится из корпуса прибора и соединяется с ним при помощи шнура, по которому идёт только выпрямленный ток. Это резко уменьшает потери на затухание токов высокой частоты в соединительных проводах.

Входное сопротивление приборов при 30 *мггц* порядка $0{,}1 \div 1$ *мгом* при ёмкости в несколько пикофарад.

Наиболее распространённый катодный вольтметр ВКС-7Б, имеющий пять шкал для измерения напряжений: $0 \div 1{,}5$; $0 \div 5$; $0 \div 15$; $0 \div 50$; и $0 \div 150$ *в*, а с применением делителя напряжения типа ДНЕ-2 прибор может измерять напряжения до 10 000 *в* в диапазоне частот от 30 до 10^8 *гц*.

В схему прибора (рис. IX.9) входит диодный выпрямитель, усилитель постоянного тока и источник питания. Входное сопро-

тивление при низких частотах равно 4 *мгом,* при 10 *мггц* — 0,45 *мгом,* при 50 *мггц* — 0,3 *мгом.* Входная ёмкость равна

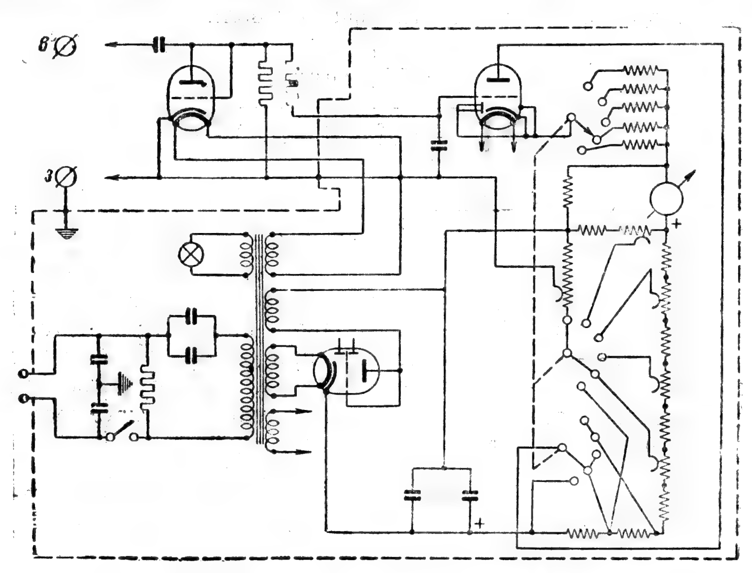


Рис. IX.9. Схема катодного вольтметра ВКС-7Б

6 *мкмкф.* Питание осуществляется переменным током 110—240 *в* без переключений. Потребляемая мощность равна 20 *вт.* Прибор является пиковым вольтметром, проградуированным в эффективных значениях.

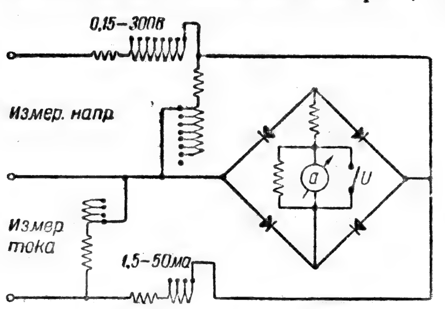


Рис. IX.10. Катодный вольтметр для измерения звуковых частот

Для измерения звуковых частот некоторое применение получили вольтметры с сухими выпрямителями. Это освобождает прибор от необходимости иметь отдельный источник тока для питания. Схема такого прибора показана на рис. IX.10.

Для более точных измерений иногда используются многоламповые катодные вольтметры.

IX.6. Ламповые индикаторы

Основным недостатком термоприборов является недопустимость перегрузки. Поэтому целесообразно пользоваться ламповыми

выми индикаторами, состоящими из кенотрона, фильтра и обычного прибора постоянного тока.

Такой индикатор, легко собираемый в условиях эксплуатации, может иметь самое различное применение, измеряя токи и напряжения в антенне, в контурах и других частях схемы.

Схема лампового индикатора показана на рис. IX.11. Прибор состоит из кенотрона, выпрямляющего ток высокой частоты, пропускаемый через трансформатор тока. Трансформатор тока состоит из 20 витков медного провода диаметром в 2 *мм*, намотанных на бумажный цилиндр диаметром в 200 *мм*. Для регулировки связи можно сделать несколько отводов. Трансформатор располагают вблизи контура. Постоянная слагающая выпрямленного тока высокой частоты проходит через фильтр и отклоняет стрелку прибора. Высокая частота замыкается через ёмкость. Параллельно к прибору может быть подключён другой прибор на пульте передатчика.

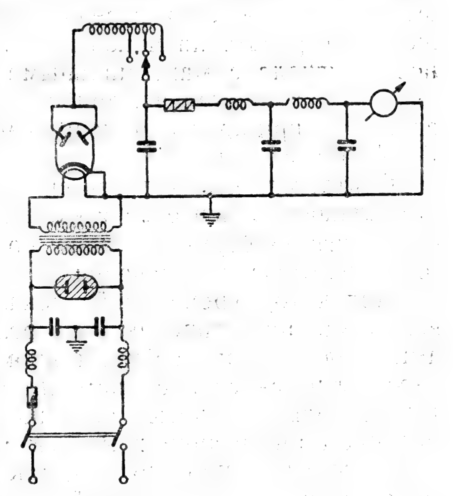


Рис. IX.11. Схема лампового индикатора

Если необходимо измерить напряжение, например на колебательном контуре, то образуют цепь из последовательно включённых конденсаторов, подключаемую параллельно контуру. Суммарная ёмкость параллельной ветви должна быть достаточно малой, чтобы не шунтировать заметно контур. Кенотрон подключают параллельно к группе конденсаторов.

При помощи ламповых индикаторов можно производить настройку контуров, подбирать максимумы токов и напряжений. Кроме того, с известной степенью точности их показания, проградуированные по термоприборам, могут служить и для количественных измерений. Постоянство показаний прибора зависит от постоянства напряжения, питающего накал лампы.

IX.7. Индикаторы уровня передачи

При измерениях на передатчике величину напряжения звуковой частоты обычно определяют катодными вольтметрами. Их показания будут правильными и при подаче сигнала от тонального генератора с постоянной амплитудой. Для измерения уровня

входного сигнала во время передачи музыки или речи катодный вольтметр не пригоден, так как стрелка прибора при этом непрерывно и неопределённо колеблется. Поэтому его заменяют специальным прибором — индикатором уровня.

Во время передачи уровень сигнала и его форма непрерывно меняются. При динамическом диапазоне в 40 *дб* самый слабый сигнал отличается от самого сильного в сто раз; переменные составляющие, входящие в состав речи или музыки, непрерывно изменяются как по частоте, так и по амплитуде. Наблюдая за составом спектра частот с помощью катодного осциллографа, можно видеть при некотором среднем уровне многочисленные пики, всплески амплитуд. Эти пики, перегружая при неправильной регулировке отдельные элементы низкочастотного тракта, вызывают искажения передачи. Поэтому индикатор уровня должен реагировать на пиковые, максимальные значения. Длительность сигнала с максимальными амплитудами может быть различна и, следовательно, прибор должен давать правильные показания как при кратковременном максимальном сигнале, так и при более длительном.

Считается, что человеческое ухо не воспринимает сигналы длительностью менее 20 *мсек,* и эту минимальную продолжительность сигнала берут за основу при разработке индикаторов уровня максимального значения.

Индикатор уровня даёт показания, основанные на суммировании или интегрировании энергии сигнала, состоящего из ряда амплитуд, за определённый промежуток времени. Индикаторы изготовляются со временем интеграции в 20 и 200 *мсек* и реже имеют промежуточные значения, например, 70 *мсек*. Прибор с временем интеграции в 2 *мсек* мог бы показывать отдельные пики, но он не применяется, так как человеческое ухо не реагирует на сигнал столь малой длительности.

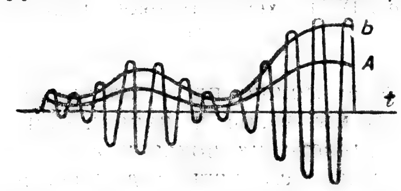


Рис. IX.12. Показания индикаторов уровня

На рис. IX.12 изображены кривые показаний различных индикаторов уровня. Кривая *А* соответствует индикатору с временем интеграции в 200 *мсек,* который носит название индикатора средних значений. Кривая *Б* соответствует индикатору с временем интеграции в 20 *мсек,* который называется индикатором максимальных значений.

Для каждого радиовещательного тракта разрабатывается диаграмма уровней с учётом усилений в каждом усилительном звене тракта. Если установленный уровень усиления окажется нарушенным, качество передачи ухудшится. При превышении

уровня, установленного диаграммой, возникает перегрузка усилителей и перемодуляция передатчика, приводящие к искажениям в передаче. При малом среднем уровне передатчик модулируется недостаточно и район его слышимости резко сокращается. Поэтому измерение уровня во время передачи имеет большое значение для эксплуатации. Индикатор максимальных значений больше отвечает поставленным требованиям, сигнализируя о максимальных амплитудах, и поэтому он рекомендуется для применения. Тем не менее иногда применяют и индикатор средних значений.

Время интеграции в 200 *мсек* выбрано, исходя из средней продолжительности одного слога, и, следовательно, индикатор при квадратичном выпрямлении характеризует среднеслоговую мощность.

Применение в одном тракте различных приборов приводит к неопределённости, так как каждый из них измеряет различные условные значения. Поэтому одной из важных задач является унификация индикаторов уровня.

В табл. IX.1, составленной З. Н. Резвяковой, приведены основные характеристики различных индикаторов уровня, а также показано время срабатывания прибора.

Таблица IX.I

Технические данные индикаторов уровня

Тип индикатора	Время интеграции в *мсек*	Время возврата стрелки в *сек*	Диапазоны измерений в *дб*
МРВД	20	3—5	20
Сименс-Гальске И- 0 I	10	1,5—3	40
РС-71	20	3–5	20
РМС-16	110	1,5	17
МЭЗ-2-I	80	2	17
МЭЗ-2-II	165	0,22	17
Дженераль Радио	200	0,3	23
РИ-50	60	0,3	23

Индикаторы уровня бывают более простыми, но менее точными, с купроксными выпрямителями и более сложными — с ламповыми приборами.

Схема прибора первой группы приведена на рис. IX.13.

Она состоит из входного регулируемого сопротивления, аттенюатора, позволяющего изменять диапазон измерений от +4 до +26 *дб*, двухполупериодного выпрямителя и измерительного прибора. Сопротивление входа и аттенюатор монтируются отдельно, выпрямитель вмонтирован в кожух прибора. Шкала прибора проградуирована в условных единицах. Показания прибора могут сравниваться только с другим аналогичным прибором.

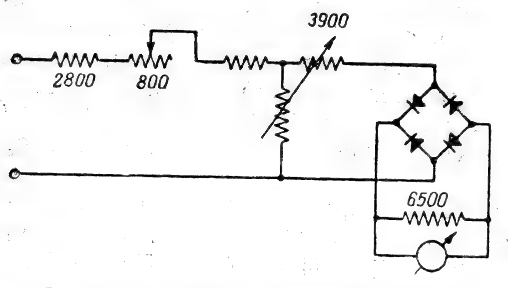


Рис. IX.13. Схема индикатора уровня с купроксным выпрямителем

К группе ламповых индикаторов относятся приборы: МРВД, И-10, РС-71, РИ-50.

Прибор МРВД (рис. IX.14) состоит из двухполупериодного выпрямителя на лампе 6Х6, мостиковой схемы с лампой 6К7 и источника высокого напряжения с выпрямительной лампой 5Ц4С. На входе прибора имеются регулирующие сопротивления R_1 и R_2 и повышающий трансформатор.

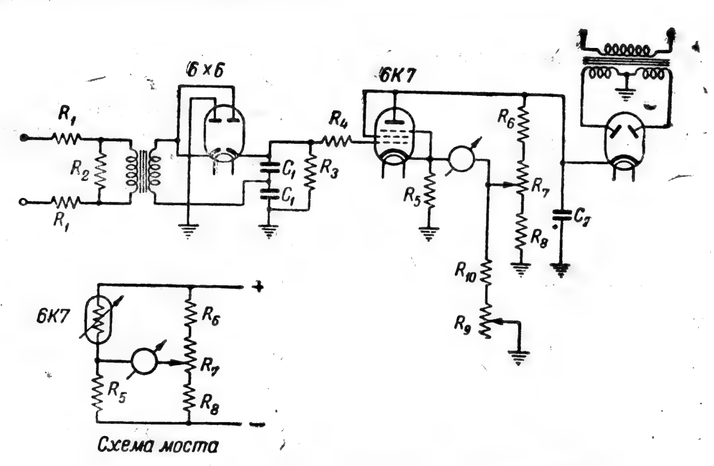


Рис. IX.14. Схема индикатора уровня МРВД

Выпрямленное напряжение заряжает конденсаторы C_1 и через сопротивление R_4 воздействует на сетку лампы 6К7, включённой триодом, отпирая лампу. Выпрямленное напряжение действует в течение времени, определяемого цепью разряда конденсаторов C_1 через сопротивление R_3. Заряд конденсаторов C_1 за 20 *мсек* до-

стигает 95% максимального, разряд же происходит значительно более медленно, в течение примерно 4 *сек*. Таким образом, короткий импульс сигнала в 20 *мсек* превращается в длительный импульс анодного тока лампы 6К7 (до 4 *сек*).

Лампа 6К7 и сопротивление R_5 вместе с сопротивлениями R_6, R_7 и R_8 образуют мост. Лампа является переменным сопротивлением, значение которого зависит от амплитуды поданного сигнала. При появлении сигнала мост теряет балансировку и через прибор индикатора проходит ток.

Шкала прибора проградуирована не в децибелах относительно нулевого уровня, а в процентах от нуля до 100. Это позволяет включать аналогичные приборы в различные участки измерительного тракта. Все они регулируются таким образом, чтобы 100% шкалы прибора соответствовала модуляция передатчика также в 100%. Это облегчает чтение показаний и правильную установку уровней.

Схема индикатора типа РС-71 приведена на рис. IX.15. Он имеет три ступени усиления на двух лампах типа 6Н7.

Одна лампа является двухступенчатым усилителем напряжения. Первая ступень — на сопротивлениях, вторая — имеет реостатно-трансформаторную схему. Регулировка усиления производится при помощи потенциометра, включённого в цепь сетки

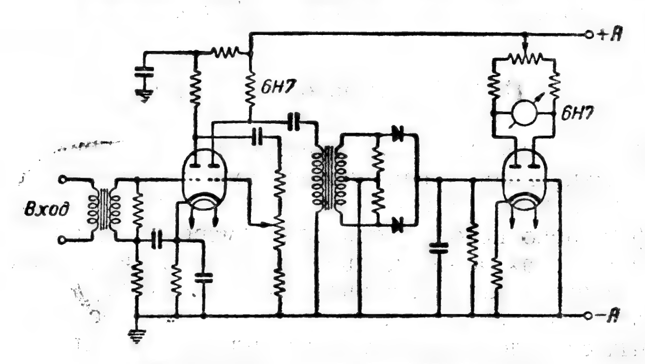


Рис. IX.15. Схема индикатора РС-71

второй ступени усиления. Выходной трансформатор питает два купроксных выпрямителя. Выпрямленное напряжение поступает на сетку первого триода второй лампы 6Н7 — усилителя постоянного тока. Сетка второго триода заземлена.

Часть схемы образует мост, плечи которого состоят из сопротивлений анодных нагрузок триодов 6Н7 и сопротивлений самих триодов оконечной лампы (рис. IX.16). При этом один из триодов имеет постоянное сопротивление, так как сетка его закорочена

на землю. Второй триод служит переменным сопротивлением моста. В диагональ моста включён прибор. Мостик балансируется так, чтобы при отсутствии сигнала ток через прибор не проходил.

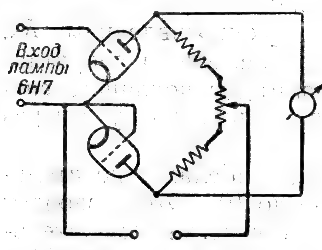


Рис. IX.16 Схема измерительного моста

Напряжение сигнала после усиления и выпрямления подаётся на сетку первого триода. При этом мост выходит из равновесия, и через прибор идёт разностный ток анодных токов правого и левого триодов, пропорциональный напряжению сигнала.

Прибор относится к индикаторам максимальных уровней с временем интеграции 20 *мсек*. Разряд конденсатора длится медленнее, чем заряд, и происходит примерно в течение двух секунд. В качестве индикатора использован прибор типа ИТ-1. При установке индикаторов типа РС-71 в радиовещательном тракте удобно иметь на отдельных участках тракта приборы с различными шкалами. Индикаторы уровня, установленные в фонической и на радиостанции должны иметь 3 шкалы измерений: —40 до 20 *дб*; —20 до 0 *дб* и 0 *дб* до +20 *дб*. Индикатор уровня на выходе из аппаратной должен иметь шкалы —20 *дб* до 0 *дб*; 0 *дб* до +24 *дб* и +24 *дб* до +44 *дб*.

IX.8. Катодный осциллограф

Катодный осциллограф по универсальности применения не имеет себе соперников среди прочей измерительной аппаратуры. Не обладая инерцией в широком спектре частот, катодный осциллограф широко используется для измерений при постоянном и переменном токах, а также при токах звуковой и радиочастот. Катодный осциллограф позволяет измерять глубину модуляции, наблюдать частотную характеристику радиоустройства, форму телеграфных сигналов, измерять фазу или частоту сравниваемых частот, сравнивать два различных сигнала, определять правильность девиации частоты при частотной манипуляции или спектр частот при частотной телефонии и т. д.

Основой катодного осциллографа является электронно-лучевая трубка, схематически показанная на рис. IX.17. Укреплённая в цоколе *1* накаливаемая нить — катод *2* является источником потока электронов, подвергающихся на своём пути воздействию нескольких электродов. Ближе всех расположен управляющий электрод *3*. Он имеет отрицательный потенциал по отношению к катоду и служит для лучшей концентрации вылетевших электронов в узкий луч. Далее помещены анод *4* и ускоряющий анод *5*.

Аноды имеют форму цилиндров и поток электронов проходит внутри их. При этом для получения очень узкого луча первый анод имеет несколько линз с очень малыми отверстиями. Изменяя напряжение, подаваемое на первый анод, можно фокусировать

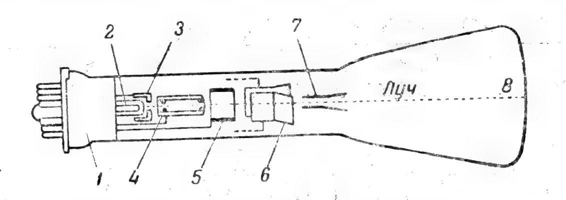


Рис. IX.17. Электронно-лучевая трубка

луч. Напряжение на втором аноде обычно остаётся неизменным. Для получения очень острого и хорошо сфокусированного пятна к анодам подводят высокие напряжения порядка тысяч вольт. Потребление энергии трубкой незначительно.

Для отклонения луча вправо и влево и вверх и вниз служат две пары пластин *6* и *7*.

Измеряя приложенное к пластинам *7* напряжение и расстояние, на которое передвинулась точка по экрану, можно получить значение чувствительности трубки, например, 0,85 *мм* на 1 *в*. Если вместо постоянного тока приложить к пластинам *7* переменный ток, то электронный луч будет попеременно отклоняться вверх и вниз. Глаз, не будучи в состоянии различить быстрое движение луча, увидит на экране светящуюся черту. Зная приложенное напряжение и измерив длину черты, можно снова определить чувствительность (A) трубки по формуле:

$$A = \frac{U}{d \cdot 1{,}41 \cdot 2} \; \frac{в}{мм},$$

где d — длина отклонения в *мм*, а U — приложенное напряжение.

Если приложить одно и то же переменное напряжение одновременно к пластинам *6* и *7*, то луч окажется под влиянием двух сил и на экране появится черта, наклонённая под углом в 45°. Это обстоятельство позволяет при помощи осциллографа измерять и сравнивать фазу двух синусоидальных колебаний.

Подавая на пластины *6* напряжение одного из сравниваемых напряжений, а на пластины *7* — второе, при равенстве амплитуд можно получить на экране фигуры, изображённые на рис. IX.18. При фазовом угле, равном нулю, получается прямая линия, наклонённая под углом в 45°. При угле сдвига, равном 180°, линия

наклонена под углом 45° в другую сторону. Углам в 90° и 270° соответствует круг, а промежуточные значения углов могут быть определены приближённо. По изображению на экране можно определять соотношение двух колебаний по частоте, исходя из

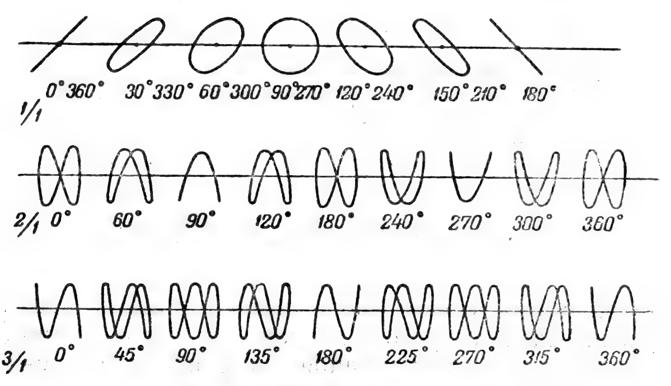


Рис. IX.18. Осциллограммы

того, что изображение на экране стоит неподвижно только при условии равенства сравниваемых частот или, если они относятся друг к другу как целые числа, например, 2/1, 3/1, 3/2 и т. д. Этот метод можно использовать для определения порядка частоты, получающейся на выходе умножителей и делителей частоты (см. рис. IX.18, где во втором ряду даны осциллограммы при соотношении частот 2/1, а в третьем ряду — 3/1).

На рис. IX.19 приведён ряд характерных изображений, полученных при подаче на отклоняющие пластины сравниваемых частот для различных соотношений 3/2; 4/1; 4/3 и др. Для каждого соотношения частот нарисовано по два изображения. Они отличаются друг от друга начальной фазой одного из сравниваемых колебаний.

Существует простое правило для определения численного соотношения частот при наблюдении за изображением на экране осциллографа. Если приложить к нижнему краю изображения *А* линейку, то она коснётся его в трёх точках (*а, а, а*). Линейка, приложенная к краю по вертикали, коснётся изображения в двух точках (*б, б*). Следовательно, соотношение частот равно 3/2. Наблюдая другие изображения на рисунке, нетрудно быстро научиться определять соотношение частот.

Определение соотношения частот несколько усложняется; если изображение имеет вид *Б*, представляющий собой незамкнутую петлю. Условившись считать каждую петлю за единицу, а каждый разомкнутый конец за 1/2, получим по горизонтали

одну петлю и один конец, т. е. $1^1/_2$. Умножая на два, получаем 3. По вертикали имеется два разомкнутых конца. Считая их по 1/2

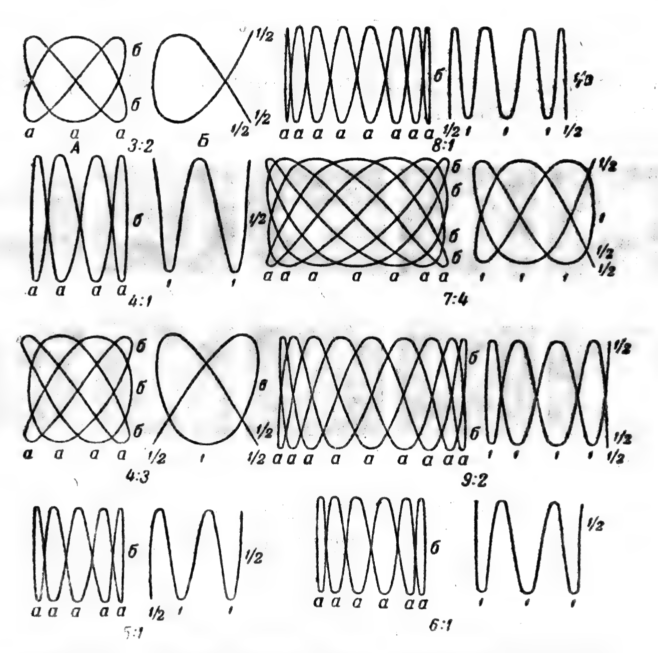


Рис. IX.19. Осциллограммы при сложении двух частот

и умножая на два, получаем 2. Соотношение частот будет равно 3/2. Аналогичные подсчёты приведены для других изображений рис. IX.19.

Катодный осциллограф используют также для измерения глубины модуляции. Для этого можно применять два метода. При первом на одну пару пластин подают выпрямленное линейным выпрямителем модулированное колебание высокой частоты. На вторую горизонтальную пару пластин подают напряжение модулирующей частоты. В этом случае изображение на экране получает вид, показанный на рис. IX.20.

Рис. IX.20. Измерение глубины модуляции

Это же справедливо и для случая, когда на горизонтальные пластины подано напряжение, изменяющееся синхронно с частотой звукового генератора.

Наблюдая за формой изображения, можно определить правильность установленного режима на передатчике. Измеряя левое

и правое основание трапеции, получаем значение глубины модуляции:

$$m = \frac{a - в}{a + в} \cdot 100\%.$$

При увеличении глубины модуляции до 100% трапеция превращается в треугольник.

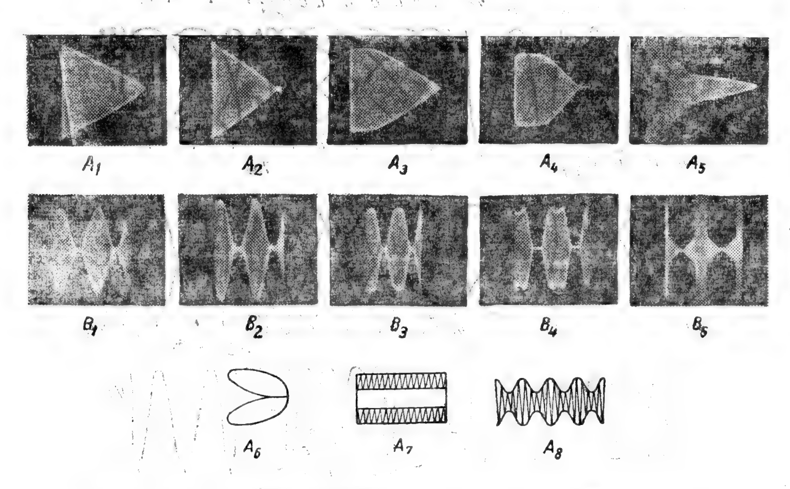


Рис. IX.21. Осциллограммы при измерении модуляции

Рассматривая форму получающегося изображения, можно вывести заключение о величине нелинейных искажений сигнала, о наличии посторонних, паразитных колебаний и т. д.

На рис. IX.21 приведено несколько характерных примеров. Если режим передатчика выбран правильно, то изображение имеет при $m=100\%$ форму хорошо очерченного треугольника с ровными прямыми сторонами (A_1). Увеличивая подачу низкой частоты на вход передатчика, можно получить изображение, приведённое на рис. A_2. Здесь треугольник справа имеет удлинённую часть, вызванную искажением сигнала в нижней части огибающей. Это будет иметь место, например, при заниженном положении рабочей точки на модуляционной характеристике.

Если, наоборот, точка выбрана излишне высоко и нехватает тока у ламп для обеспечения мощности в пиковом режиме, форма треугольника искажается в верхней части, становясь плоской (A_3). Если наблюдается искажение треугольника и в верхней и в нижней части, то это означает сильную перемодуляцию с искажением огибающей модулированного сигнала вверху и внизу (A_4). На рис. A_5 показано сильное искажение, вызванное наличием, кроме основной модулированной частоты, ещё других па-

разитных частот. Кроме того, раздвоение изображения свидетельствует о неудачном осуществлении связи осциллографа с колебательным контуром. Последнее явление в чистом виде (т. е. при неискажённой 100-процентной модуляции) показано на рис. A_6. Путём изменения связи легко получить изображение A_1. Причиной такого кажущегося искажения является незначительное расхождение фаз огибающей высокой и звуковой частот на соответствующих пластинах осциллографа. Во избежание неправильных заключений перед началом измерений необходимо проверить раздельно подачу высокой и звуковой частот. Обе они должны дать прямые светящиеся линии; подачу частот следует производить экранированным проводом.

Гораздо нагляднее и проще производить всякие сравнения и измерения, пользуясь имеющейся в приборе развёрткой. Развёртывающее устройство состоит из генератора, создающего пилообразные импульсы напряжения. Импульсы имеют пологую часть, в течение которой луч отклоняется слева направо, и более крутую, под влиянием которой луч быстро возвращается обратно справа налево. Подбирая изменением периода импульса длительность пологой части, получают необходимую синхронизацию с частотой исследуемого сигнала, поданного на вертикальные пластины осциллографа. В зависимости от длительности импульса можно получить на экране изображение одного, двух или большего числа периодов изучаемого напряжения.

Применяя систему развёртки при измерении глубины модуляции, получают на экране изображения, подобные показанным на рис. IX.21: B_1, B_2, B_3, B_4 и B_5. Наблюдая за изображением, можно не только измерить глубину модуляции, но и проверить синусоидальность звуковой огибающей, отсутствие искажений, наличие каких-либо дополнительных периодических явлений, свидетельствующих о появлении паразитных колебаний, влияние других работающих передатчиков и т. д.

Следует отметить, что рис. B_1—B_5 представляют изображение при помощи развёртки тех же процессов, что и соответственно рис. A_1—A_5.

Выбор частоты развёртки важен для получения хорошего изображения. Если частота развёртки слишком мала по сравнению с частотой наблюдаемого модулированного сигнала, то изображение будет прямоугольным с освещённой полосой посредине (рис. A_7). Чем глубже модуляция, тем уже светящаяся полоса.

Изменение частоты развёртки позволяет получать при определённом соотношении частот стоящее на месте изображение модулированного сигнала (рис. A_8). Если частота развёртки равна частоте наблюдаемого сигнала, на экране будет виден один период. Другие соотношения частот приведены в табл. IX.2.

Таблица IX.2

Изменение частоты развёртки

Частота пилообразной развёртки	Частота наблюдаемого сигнала	Число циклов на экране
	1	1
1	5	5
3	9	3
11	22	2
150	300	2
2 400	7 200	3
10 000	30 000	3
10 000	100 000	10

Осциллограф также можно использовать для исследования формы телеграфных сигналов и других импульсов.

В радиохозяйстве используются различные типы осциллографов.

Катодный осциллограф ЭО-5 имеет трубку диаметром 75 *мм* (типа 8ЛО29) и снабжён двумя усилителями и электронной развёрткой. Генератор развёртки имеет диапазон от 2 до 20 000 *гц*. Диапазон исследуемых частот: 2 *гц* — 2 *мггц*. Чувствительность отклонения луча при использовании усилителя на частоте 1000 *гц* по вертикальной и горизонтальной осям составляет 25 *мм* на 1 *в*. При подаче сигнала прямо к пластинам чувствительность будет 0,85 *мм* на 1 *в* для вертикальной оси и 1 *мм* на 1 *в* для горизонтальной оси. Максимальное входное напряжение для вертикального усилителя — 250 *в*. Входное сопротивление равно 0,5 *мгом* с параллельной ёмкостью 50 *мкмкф*. Коэффициент усиления равен 30. Частотная характеристика прямолинейна в диапазоне 10 *гц* — 200 *кгц*. Аналогичные показатели имеет горизонтальный усилитель, но для него коэффициент усиления равен 25, а частотная характеристика прямолинейна только до 100 *кгц*. Прибор потребляет 55 *вт* и питается напряжением переменного тока 127 или 220 *в*.

Катодный осциллограф ЭО-7 отличается более высокими показателями. Он работает с трубкой 13ЛО37 с диаметром экрана 130 *мм* и генератором развёртки с диапазоном от 2 до 50 000 *гц*. Чувствительность по вертикальной оси составляет 2,5 *мм* на 1 *мв*, а по горизонтальной — 50 *мм* на 1 *в*. Усиление вертикального усилителя равно 1800, горизонтального — 30. Сопротивление входа вертикального усилителя при включённом аттенюаторе равно 2 *мгом* с параллельной ёмкостью в 30 *мкмкф*. Сопротивление горизонтального усилителя равно 5 *мгом* с параллельной ёмкостью в 30 *мкмкф*. Потребляемая мощность равна 100 *вт* при напряжении переменного тока 115, 127 или 220 *в*. К осциллографу ЭО-5 разработана приставка типа ЭК-1, представляющая собой электронный коммутатор, который позволяет рассматривать на экране одновременно два различных сигнала. Сигналы могут быть сов-

мещены на одной горизонтальной оси или иметь раздвинутые горизонтальные оси. Исследуемые сигналы проектируются попеременно на экран осциллографа.

Кроме описанных осциллографов, наша промышленность выпускает также осциллографы типа ЭО-53 и ЭО-6М.

IX.9. Измерение глубины модуляции осциллографом

Большинство приборов для измерения глубины модуляции даёт правильные показания только при модулировании передатчика чистым тоном. Поэтому индикаторы уровня, позволяя измерять глубину модуляции при обычной речевой или музыкальной передаче, дают приближённые показания.

Вся сложная картина модулированного колебания при обычных передачах может быть просмотрена на катодном осциллографе.

Простой метод наблюдения за глубиной модуляции разработал Н. А. Савин. Для этой цели на экран трубки осциллографа проектируется напряжение, пропорциональное уровню несущей и огибающей модулированной волны. Применяя развёртку, можно получить на экране уровень несущей в виде прямой линии *гв* и рисунок огибающей *аб* (рис. IX.22). При глубине модуляции в 100% вершина огибающей касается линии несущей. Таким образом, наблюдатель может судить по кривой огибающей как о характере передач, так и о средней максимальной глубине модуляции. Кроме того, можно проследить за колебанием несущей во время глубокой модуляции.

Принципиальная схема прибора показана на рис. IX.23. Контролируемая передача принимается на обычный супергетеродинный приёмник (*1*). При помощи очень слабой ёмкостной связи с одним из контуров промежуточной частоты приёмника, промежуточная частота подаётся на вход двухступенного усилителя (*2*), где она усиливается до уровня в 40—50 *в*.

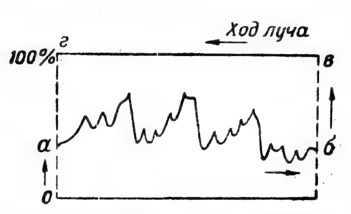


Рис. IX.22. Осциллограмма модулированного колебания

Усиленная промежуточная частота выпрямляется одним из диодов лампы 6Х5 (*3*). После выпрямления на сопротивлении (*4*), равном 20 000 *ом*, выделяются: постоянная слагающая, пропорциональная несущей частоте принимаемой станции, переменная слагающая, пропорциональная глубине модуляции станции, и переменная высокочастотная составляющая.

Первые две слагающие используются для измерения, а третья — высокочастотная — отфильтровывается.

Для получения изображения глубины модуляции на экране осциллографа нужно иметь возможность одновременно наблюдать обе составляющие. Для этого слагающие разделяются. После высокочастотного фильтра на сопротивлении *9*, равном 1,5 *мгом,* и блокировочном конденсаторе *8* ёмкостью 2 *мкф* выделяется напря-

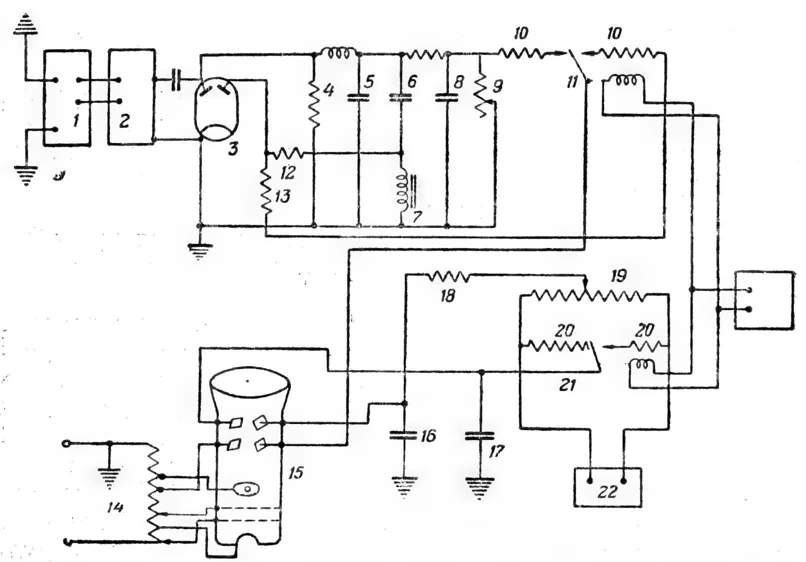


Рис. IX.23. Принципиальная схема прибора для измерения модуляции

жение, соответствующее уровню постоянной составляющей, а на дросселе *7* с индуктивностью 10 *гн,* защищённом конденсатором *6* ёмкостью 8 *мкф,* выделяется переменная слагающая, пропорциональная глубине модуляции. Для измерения используются только нижние полупериоды переменной слагающей, получаемые после прохождения через отсекатель, состоящий из сопротивления *12,* равного 12 *ком,* второго анода диода и сопротивления *13,* равного 5000 *ом.*

Обе слагающие, постоянная и переменная, через сопротивления *10* по 10 *ком* подводятся к двум контактам поляризованного реле *11*. Благодаря колебаниям якоря реле обе слагающие поочерёдно подаются к одной и той же пластине вертикального отклонения луча в осциллографе.

При наличии только несущей на экране осциллографа видны две точки: нижняя — соответствующая нулю и верхняя — отстоящая от нижней на некотором расстоянии, определяемом уровнем несущей. При модулировании несущей на экране появляется ещё вертикальная прямая, опирающаяся нижним концом в нулевую точку.

Для получения рисунка модулированных колебаний на горизонтальные пластины осциллографа подают развёртывающую частоту. Напряжение этой частоты, имеющей пилообразную форму, получается путём заряда и разряда конденсатора, подключаемого попеременно через два ограничительных сопротивления *20*, определяющих время заряда и разряда, на плюс и на минус выпрямителя 500 *в* (*22*). При этом для получения более равномерного свечения прямой линии — несущей и рисунка огибающей время развёртки берётся разным.

Удлинённая часть пилообразной кривой используется для развёртки огибающей, а укороченная, «быстрая часть»,— для развёртки несущей.

Для получения стабильного, стоящего на месте, изображения оба реле *11* и *21* действуют синхронно. Переброс якорей реле происходит одновременно. Это достигается тем, что обмотки реле питаются переменным током в 30 *гц*, генерируемым одним общим генератором. Сигнал генератора также состоит из удлинённой части и второй, более короткой. Переброс реле происходит очень быстро в период подъёма или спада прямоугольнообразного сигнала. Таким образом, когда реле *11* подключает к осциллографу напряжение огибающей, реле *21* одновременно подаёт на пластины горизонтальной развёртки удлинённую часть пилообразной кривой. Луч трубки очерчивает на экране форму сигнала (*аб* на рис. IX.22). В следующий период реле *11* подаёт на вертикальные пластины напряжение несущей, а реле *21* подключает к горизонтальным пластинам укороченную часть пилообразной кривой. Луч быстро идёт от *в* к *г*.

Благодаря этому получается более равномерное свечение линии несущей и линии огибающей.

Луч трубки следует сначала слева направо, очерчивая огибающую, затем, перебросившись вверх, чертит линию несущей справа налево, после чего следует переброс вниз.

Описанный прибор весьма удобен для контроля. При установке его на радиоцентре, где имеется несколько передатчиков, генератор и развёртка с пилообразной формой кривой могут быть сделаны общими для нескольких осциллографов.

IX.10. Контрольно-измерительная стойка

Измерение качественных показателей вещательных и телеграфных радиостанций производится несколькими измерительными приборами, комплектуемыми обычно вместе на одной стойке. Комплект состоит из генератора, дающего одну или несколько звуковых частот, прибора для измерения глубины модуляции, прибора для измерения уровня фона и коэффициента нелинейности. Такая стойка позволяет регулярно проверять качественные показатели передатчиков.

В эксплуатации применяется несколько различных типов измерительных стоек. Наиболее совершенной из них является стойка КИС-2.

Стойка выполнена в виде шкафа 1750 $\times$ 590 $\times$ 430 *мм* и весит в собранном виде 200 *кг*. На стойке, на отдельных выдвижных панелях, смонтированы: измеритель глубины модуляции, катодный осциллограф, измеритель нелинейных искажений и шумов, фильтр к нему и звуковой генератор. Данный набор аппаратуры даёт возможность провести все основные измерения акустических качеств вещательного передатчика. Наличие осциллографа позволяет проверить форму импульса телеграфного сигнала и правильность показаний измерителя глубины модуляции.

Стойка КИС-2 рассчитана на измерение показателей передатчиков, работающих в диапазоне от 150 *кгц* до 30 *мггц*. Частотные характеристики могут сниматься в диапазоне от 20 до 15 000 *гц*. Входное напряжение высокой частоты, необходимое для нормальной работы измерителя глубины модуляции, должно иметь величину около 16 *в* на коротких волнах и до 50 *в* на более длинных. Потребление мощности по высокой частоте около 10 *вт*.

Измеритель нелинейных искажений представляет собой чувствительный ламповый вольтметр, снабжённый делителем напряжения и панелью фильтров. Измерение нелинейных искажений может быть произведено на шести фиксированных частотах 50, 100, 400, 1000, 5000 и 7000 *гц*. Показания берутся по 4 шкалам на 1, 3, 10 и 30%. Точность измерений колеблется в пределах 5—10%. Измерение шумов и фона может быть произведено до —80 *дб* к уровню 100-процентной модуляции. Для улучшения точности отсчёта имеется ряд дополнительных шкал.

Для измерений с усилителями низкой частоты прибор имеет симметричный вход с входным сопротивлением, равным 600 *ом*, и несимметричный вход с входным сопротивлением в 600 или 5000 *ом*.

Звуковой генератор даёт 33 фиксированные частоты, получаемые путём умножения на 1, 10 и 100 следующих 11 основных частот: 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 125, 150.

Выходное напряжение генератора может изменяться плавно в пределах от 0 до 2,3 *в* при нагрузке в 10 *ом*, от 0 до 20 *в* при нагрузке в 600 *ом* и от 0 до 55 *в* при нагрузке 5 000 *ом*. Величина собственных нелинейных искажений генератора колеблется в пределах от 0,1 до 0,5%.

Катодный осциллограф стойки имеет трубку 13ЛО37. Генератор развёртки позволяет наблюдать форму напряжения в диапазоне частот от 50 *гц* до 25 *мггц*. Осциллограф снабжён усилителем для работы в диапазоне частот 20 ÷ 50 000 *гц*.

Вся стойка питается от сети переменного тока с напряжением 110; 127; 220 *в*.

На рис. IX.24 и IX.25 даны схемы измерителя модуляции и измерителя нелинейных искажений одной из контрольно-измерительных стоек, имеющихся на радиоцентрах. Стойка состоит из трёх панелей.

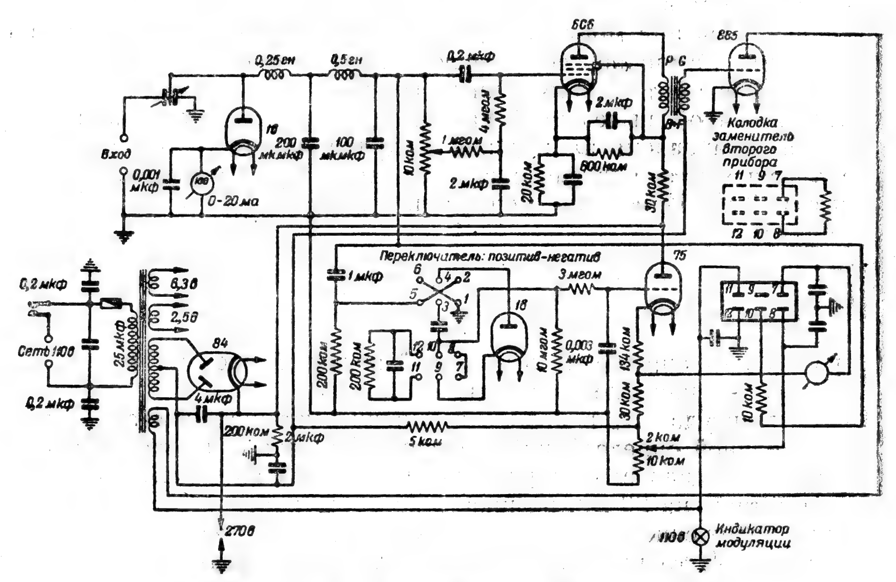


Рис. IX.24. Схема измерителя модуляции

Верхняя панель занята звуковым генератором, который может осуществляться в двух вариантах. В первом из них генератор собран по трёхточечной схеме и генерирует только одну частоту в 400 *гц*, используемую при измерении нелинейных искажений и глубины модуляции. На выходе звукового генератора имеется фильтр, отфильтровывающий гармоники. Выходное напряжение снимается с зажимов, выведенных на переднюю панель прибора. Значение выходного напряжения регулируется при помощи потенциометра. Выход генератора рассчитан на работу с нагрузкой в 50, 500 и 5000 *ом*. При измерениях необходимо подключать нагрузку к соответствующим зажимам или подбирать переходной трансформатор. Наличие у генератора только одной частоты в 400 *гц* неудобно в эксплуатации, так как при снятии частотной характеристики необходимо иметь второй звуковой генератор. Поэтому второй вариант звукового генератора, которым укомплектованы стойки более позднего выпуска, позволяет получить ряд фиксированных частот. Необходимые тональные ча-

стоты создаются подключением к контуру генератора дополнительных элементов при нажатии кнопок, выведенных на его переднюю панель.

Средняя панель представляет собой измеритель модуляции, рассчитанный на длительное использование прибора в условиях эксплуатации. При этом основным индикатором для суждения о глубине модуляции является не стрелка прибора, непрерывно качающаяся при модуляции, а дополнительное устройство в виде неоновой лампочки, вспыхивающей как только глубина модуляции превысит установленный предел. Этот предел устанавливается ручкой, выведенной на переднюю панель. Если, например, ручка установлена на глубину модуляции в 40%, лампочка будет вспыхивать каждый раз, как только глубина модуляции превысит 40%. Измерение модуляции основано на определении отношения

$$m = \frac{U_{зв}}{U_{н}},$$

где $U_{зв}$ — напряжение огибающей звуковой частоты и
$U_{н}$ — напряжение несущей частоты.

Амплитуда $U_{н}$ в начале измерений устанавливается по прибору равной определённой величине. Для этого на входе имеется ёмкостной делитель напряжения и диодный выпрямитель с гальванометром на 20 *ма*, на шкале которого красной чертой обозначено положение стрелки для установления несущей. Так как $U_{н} = \mathrm{const}$, то второй прибор — измеритель модуляции — может быть отградуирован прямо в процентах глубины модуляции. Кроме того, для удобства использования этого прибора при снятии частотных характеристик он снабжён ещё шкалой с делениями, нанесёнными в децибелах.

Выпрямленное напряжение модулированной высокой частоты состоит из постоянной слагающей и переменной слагающей, равной огибающей несущей. После выпрямления переменная слагающая проходит через фильтр высокой частоты и поступает к переключателю и второму выпрямителю.

При помощи переключателя на выходе второго выпрямителя можно получить напряжение, пропорциональное или верхней половине звуковой огибающей, или нижней. Это очень важное приспособление, позволяющее определить симметричность модуляции у передатчика. Выпрямленная слагающая подаётся на ламповый вольтметр, в анодной цепи которого включён измеритель глубины модуляции.

Для удобства эксплуатации имеется возможность при помощи колодки, выведенной сзади прибора, подключить к нему второй гальванометр, установленный, например, на пульте дежурного

техника. Следует учитывать, что, если второго прибора нет, зажимы колодки при измерениях необходимо замкнуть прилагаемым к прибору замыкающим сопротивлением.

Вторая часть схемы с индикатором глубины модуляции — неоновой лампочкой — действует следующим образом. Полученная после детектирования высокой частоты и её фильтрации энергия разделяется. Переменная составляющая поступает прямо на сетку лампы; постоянная слагающая при помощи потенциометра подаётся только частично. Если потенциометр выведен полностью, постоянная слагающая создаёт на лампе наименьшее отрицательное смещение и свечение неоновой лампы возникает уже при малых значениях модуляции. При увеличении отрицательного напряжения потенциометром неоновая лампа будет вспыхивать при большем значении глубины модуляции. Постоянный ток, зажигающий неоновую лампочку, получается в результате выпрямления тиратроном переменного напряжения вторичной обмотки трансформатора, включённого в анодную цепь предыдущей лампы. Значение напряжения смещения устанавливается при помощи ручки, выведенной на переднюю панель и имеющей шкалу с нанесёнными на ней значениями минимальной глубины модуляции, при которой вспыхивает неоновая лампа.

Измеритель модуляции обладает точностью в 2% и пригоден для измерения не только при частоте в 400 *гц*, но и в диапазоне 40—15 000 *гц*. Частотная характеристика прибора прямолинейна в пределах 0,5 *дб*.

Третья панель стойки предназначена для измерения нелинейных искажений и фона при частоте в 400 *гц*. В принципе она содержит чувствительный ламповый вольтметр, измеряющий подводимые к нему напряжения. Измерение коэффициента нелинейности κ основано на измерении отношения

$$\kappa = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \ldots U_n^2}}{U_1} 100\%,$$

однако проще измерить

$$\kappa = \frac{\sqrt{U_2^2 + U_3^2 + \ldots U_n^2}}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \ldots U_n^2}} 100\%.$$

В данном случае знаменатель оказывается несколько бо́льшим и значение для κ будет уменьшено. Эта ошибка невелика: при $\kappa = 30\%$ она не превышает 1,3 %, а для малых значений κ ещё меньше. Измерение κ производится по схеме рис. IX.25.

Модулированная высокая частота подаётся через ёмкостной делитель на диод и через высокочастотный фильтр к делителю напряжений. Напряжение на делителе или части его измеряется

чувствительным ламповым вольтметром, имеющим переменный коэффициент усиления.

Числитель приведённого выше выражения отличается от знаменателя отсутствием в нём члена U_1^2. Поэтому при измерении

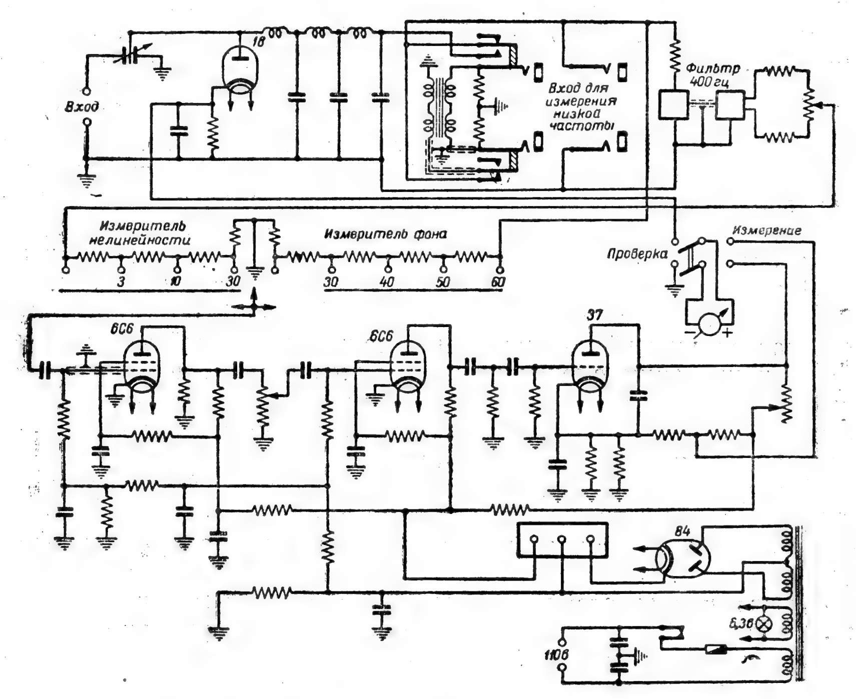


Рис. IX.25. Схема измерителя нелинейных искажений

суммы величин, входящих в знаменатель, напряжение снимается прямо после диодного выпрямителя, а при измерении суммы величин, входящих в числитель, энергия предварительно проходит через фильтр, пропускающий все частоты выше частоты 400 *гц*. Частота в 400 *гц* будет отсутствовать.

При измерениях подводят напряжение к стойке, и устанавливают ёмкостным делителем по прибору, при его переключателе в левом «положении», определённую связь с передатчиком (7—10°). Затем приступают к измерениям, ставя переключатель прибора и переключатель «измеритель нелинейности — измеритель фона» в правое положение. При этом выпрямленная энергия поступает к вольтметру, помимо фильтра частоты 400 *гц*. Регулировкой усиления лампового вольтметра добиваются, чтобы стрелка прибора установилась на 0 *дб*, т. е. на полное отклонение. Затем, поставив переключатель «измеритель нелинейно-

сти — измеритель фона» в левое положение, подводят к ламповому вольтметру напряжение, снятое уже после фильтра 400 *гц* и, не меняя усиления, измеряют значение *к*. Так как измеряется только отношение двух величин, а уровень усиления вольтметра остаётся неизменным, то прибор может быть проградуирован прямо в процентах. Делитель напряжения позволяет получить 3 шкалы для измерения *к* в пределах 0—3%, 0—10% и 0—30%.

Измерение фона передатчика производится методом измерения отношения:

$$\Phi = \frac{m_\phi}{m},$$

где Φ — величина фона, измеряемая обычно в децибелах, m_ϕ — модуляция измеряемого напряжения паразитным фоном и m — устанавливаемый коэффициент модуляции передатчика. Обычно $m = 100\%$, т. е. определяется отношение модуляции передатчика паразитным фоном к 100-процентной модуляции.

Для измерения Φ устанавливают на стойке, как и ранее, уровень высокой частоты. Модулируют передатчик тоном, устанавливая измерителем модуляции $m = 100\%$. После этого, при правом положении переключателя прибора, ставят второй переключатель («измеритель нелинейности — измеритель фона») в правое положение. Ручкой усиления вольтметра добиваются полного отклонения прибора на 0 *дб* и затем снимают напряжение модуляции с передатчика. Очевидно, что при этом передатчик продолжает модулироваться только фоном. Не меняя усиления вольтметра, измеряют уровень этого фона, т. е. m_ϕ, а в действительности, при установленном m, прибор покажет в децибелах отношение:

$$\frac{m_\phi}{m} = \Phi.$$

Подбором положения делителя напряжения можно получить 4 шкалы. При этом показания прибора суммируются с показанием на шкале делителя, например, 3 *дб* по прибору и 40 *дб* по шкале делителя составят 43 *дб*. Данная панель позволяет производить и другие измерения.

Подключая анализатор гармоник к выходу высокочастотного выпрямителя, можно анализировать состав выпрямленного напряжения. Пользуясь зажимами выхода для измерения низкой частоты, можно измерять коэффициент усиления усилителя низкой частоты, используя ламповый вольтметр и индикатор, градуированный в децибелах. Поддерживая уровень на выходе усилителя постоянным и меняя частоту, можно снимать частотную характеристику усилителя. Прибором можно измерить уровень переходного затухания линий. Для этого, включив на вход измеряемой линии тональный генератор и установив нормальный

уровень подачи, добиваются регулировкой вольтметра полного отклонения прибора, снимают тон с линии и измеряют уровень посторонних помех в децибелах.

Для правильной работы стойки необходимо соблюдать известные предосторожности. К шестиклеммной колодке должен быть подключён второй прибор или заменяющее его сопротивление (500 *ом*). При подаче высокой частоты необходимо следить, чтобы не возникло обратной связи через тональный генератор. Подготовив схему к измерениям, следует при помощи головного телефона проверить отсутствие на входе передатчика при включённых приборах и при снятой модуляции какого-либо постороннего тона. Если тон слышен, следует его устранить, изменяя взаимное расположение стойки и передатчика. Если прослушивается фон источника питания, следует переполюсовать штепсель подводки питания. Модулятор и измеритель искажений должны быть хорошо заземлены. Для этого служат специальные зажимы у каждого из приборов. Связь с передатчиком по высокой частоте осуществляется через небольшую ёмкость или при помощи катушки связи. Входы высокой частоты модулометра и измерителя искажений могут подключаться параллельно друг другу.

При измерениях показателей передатчиков, имеющих двухтактную ступень на выходе, следует правильно осуществить связь с измерительной стойкой.

В этих передатчиках в целях уменьшения уровня фона, создаваемого источником накала ламп, катоды одного плеча по отношению ко второму часто питаются переменным током со сдвигом в 90°. При этом наибольшее значение имеет составляющая фона удвоенной частоты тока питания (200 *гц*). В симметричных схемах эти составляющие, модулирующие несущую частоту, оказываются сдвинутыми на 180° в одном плече по отношению к другому и уравновешивают друг друга, не попадая в антенну. Поэтому, если связь с измерительной стойкой берётся с одного плеча колебательного контура, то будут измерены составляющие фона, проходящие по этой ветви, но отсутствующие в антенне. Это особенно заметно при измерениях со стойкой, имеющей несимметричный вход. Для уменьшения влияния этих составляющих виток связи помещают в медную трубку, свёрнутую в кольцо.

Медное кольцо должно быть разрезано в одном месте, образуя щель и разрывая путь кругового тока. Кольцо заземляется. Этим достигается устранение паразитной ёмкостной связи, так как электрическое поле перехватывается медным экраном. На виток связи, находящийся внутри медного кольца, будет воздействовать магнитное поле основного колебательного тока контура. Однако и это мероприятие не устраняет полностью неточности в измерениях. Поэтому принято производить измерения в симмет-

ричных схемах при помощи вспомогательного дросселя, включаемого параллельно индуктивности контура, или между проводами выходного антенного фидера (рис. IX.26). Дроссель изготавливают, наматывая провод на фарфоровую трубу. Виток связи, выполненный обычным образом или с медным экраном, связывают с дросселем, помещённым в центре последнего. Включив измерительную стойку и измерив уровень фона, перемещают виток связи, находя наилучшее положение по наименьшему уровню фона. Вся конструкция может быть смонтирована стационарно для повседневного пользования. Опыт показывает, что данные, полученные указанным методом, совпадают с данными при измерениях стойкой вдали от передатчика, в поле.

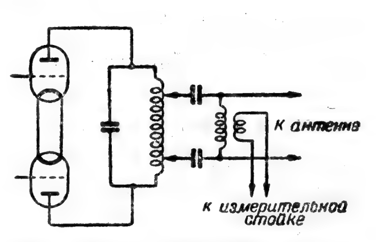


Рис. IX.26. Измерение фона в симметричных схемах

Метод осуществления связи имеет важное значение для получения правильных результатов. При наличии на радиоцентре нескольких передатчиков возможны случаи наведения токов на фидер измеряемого передатчика. Токи, проходя в колебательный контур передатчика, детектируются или лампами мощной ступени, или детектором обратной связи. Вследствие этого возникают дополнительные частоты, повышающие значение уровня фона и коэффициента нелинейности передатчика. Поэтому необходимо при измерениях проверять отсутствие наведённых токов.

В тех случаях, когда помехи создаются непосредственно энергией высокочастотных колебаний, индуктирующих токи в катушке связи, на входе измерительной стойки устанавливают колебательный контур, позволяющий отстроиться от мешающей станции. При снятии частотной характеристики необходимо учитывать влияние, вносимое контуром, что можно сделать, сняв резонансную кривую контура.

При измерении измерительной стойкой фона и нелинейных искажений в передатчиках следует в начале измерений отключить высокую частоту и, включив переключатель прибора (рис. IX.25) в правое положение, установить стрелку прибора при помощи винта на нуль, повернуть переключатель вправо и вновь установить прибор на нуль, используя винт на задней стороне стойки. При этом второй переключатель должен стоять в левом положении «измеритель нелинейности», а регулятор усиления вольтметра — на нуле. После правильно проведённой регулировки прибор сохраняет нулевое показание независимо от положения переключателя градуировки.

Показания прибора стойки не зависят от качества установленных в передатчике ламп, так как измеряются относительные показатели. Исключение составляет лампа *37* на схеме рис. IX.25, которая должна давать одинаковые показания при включении на шкалы 10 и 30%. Эта лампа должна подбираться для выполнения данного условия.

IX.11. Прибор для измерения напряжённости электрического поля

Для снятия горизонтальной полярной диаграммы при коротких волнах собирают прибор по схеме рис. IX.27. Прибор даёт относительные показания, что для намеченной цели является вполне достаточным.

Для снятия вертикальной диаграммы должны быть использованы лётные средства, что делается лишь в исключительных случаях экспериментальных исследований.

Излучение горизонтальных антенн вдоль земной поверхности равно нулю. Поэтому измерительный прибор должен быть расположен на стойке высотой не меньше 2 *м*. Прибор состоит из симметричного укороченного вибратора, присоединённого к колебательному контуру. Параллельно индуктивности контура подключается термоприбор. Длина стержней вибратора берётся в 1,5—2 *м* каждый.

Для придания всей конструкции большей прочности удобнее сделать стержни из труб, вдвигающихся одна в другую. В этом случае ёмкость может быть сделана постоянной, а настройка производиться изменением длины самих стержней.

Термоприбор устанавливает-

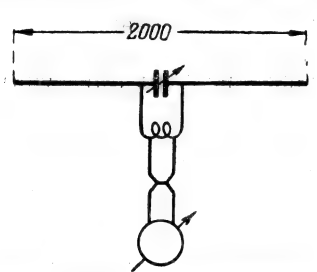


Рис. IX.27. Схема прибора для снятия горизонтальной полярной диаграммы

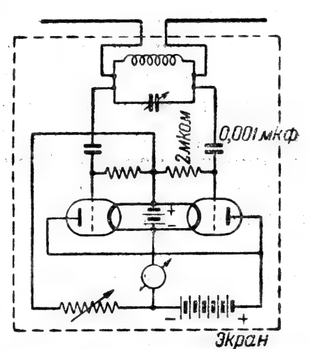


Рис. IX.28. Схема лампового вольтметра для снятия полярных диаграмм

ся на высоте, удобной для отсчёта его показаний. Вся схема собирается на лёгкой переносной треноге.

Может быть также применён и более сложный прибор — ламповый вольтметр, собранный по схеме рис. IX.28. При сборке

прибора особое внимание должно быть обращено на симметричность расположения всех деталей по отношению к потенциалу земли.

Конструктивное оформление прибора, собранного по несколько изменённой схеме, показано на рис. IX.29.

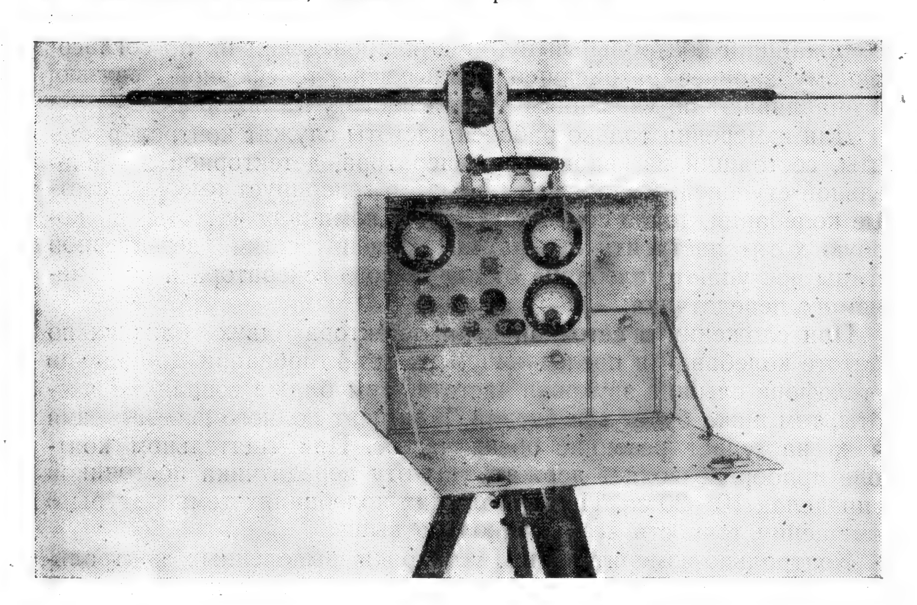


Рис. IX.29. Конструкция лампового вольтметра для снятия полярных диаграмм

Этот же прибор, снабжённый соответствующей рамочной антенной, используется для измерения напряжённости поля средневолновых станций. Для снятия полярных диаграмм на больших расстояниях используют более чувствительные и совершенные приборы — компараторы.

IX.12. Приборы для измерения частоты

Для измерения частоты на радиостанциях применяются волномеры различных типов, кварцевые калибраторы частоты, контролёры частоты и на наиболее крупных радиоцентрах — эталонные установки измерения частоты.

Резонансные волномеры не обладают необходимой точностью и служат для грубого определения порядка частоты. Более совершенными являются ламповые волномеры.

Наиболее точные измерения частоты дают кварцевые калибраторы, которые снабжаются кварцевыми резонаторами, позво-

ляющими получить ряд точных опорных точек. Промежуточные значения определяются по градуировочным кривым с меньшей точностью. Частота измеряется прослушиванием тона биений частоты калибратора и измеряемой частоты. При равенстве частот звук пропадает.

При проведении более точных измерений следует обратиться в ближайший контрольный пункт для проведения их по согласованному заранее расписанию. Пользуясь телефонной связью, устанавливают по указаниям пункта частоту на номинал.

Для измерения только рабочей частоты служит контролёр частоты, состоящий из кварцевого генератора, детекторной и усилительной ступеней. Кварцевый генератор генерирует высокочастотные колебания, точно соответствующие номиналу частоты, на которую хотят настроить передатчик. В цепь сетки детекторной лампы поступают колебания от кварцевого генератора и от измеряемого передатчика.

При сложении в сеточной цепи детектора двух близких по частоте колебаний и последующем их детектировании и усилении в телефоне слышна звуковая частота. Чем ближе совпадают частоты, тем ниже будет тон биений. В момент полного исчезновения звука наступает резонанс обеих частот. При тщательном контроле прибор позволяет держать частоту передатчика постоянной в пределах 10—20 *гц*. При небольших колебаниях температуры в помещении точность даже несколько выше.

Контрольно-измерительные установки выделенных контрольных пунктов и крупных радиоцентров позволяют измерять частоту с точностью до полупериода.

Основой такой установки является эталон частоты, обеспечивающий точность 10^{-8} —10^{-9}. Частота эталона проходит ряд ступеней, в которых форма колебаний искажается. Это позволяет получить много гармоник основной частоты. Измеряемая частота и частота наиболее близкой гармоники принимаются на приёмник прямого усиления и прослушивается тон биений. Измерив частоту тона биений и частоту гармоники, определяют измеряемую частоту. Для повышения точности измерения тон биений измеряют при помощи вспомогательного звукового генератора, частота которого подстраивается под звуковую частоту биений. При достаточной стабильности звукового генератора получающиеся двойные биения могут быть очень медленными, что повышает точность определения момента резонанса.

IX.13. Приборы для измерения комплексных сопротивлений

Применение на современных передающих радиостанциях многоконтурных схем и внедрение антифединговых и направленных средневолновых антенн потребовало разработки методов для быстрого измерения не только R, L и C контуров, но и комплексных

сопротивлений. Для этого могут быть использованы резонансные методы или специальные измерительные высокочастотные мосты.

Для измерения комплексного сопротивления также часто используется метод дифференциального трансформатора. Схема измерения по этому методу показана на рис. IX.30.

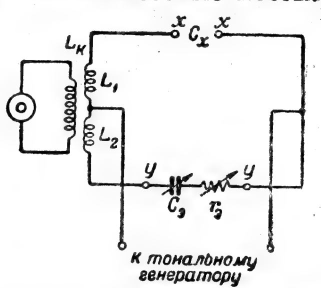


Рис. IX.30. Схема измерений с использованием дифференциального трансформатора

К зажимам *хх* подключается измеряемое комплексное сопротивление, к зажиму *уу* — переменное эталонное комплексное сопротивление, которое может быть сделано тождественным с измеряемым. Катушки L_1 и L_2 образуют дифференциальный трансформатор. Магнитные поля их при протекании тока направлены навстречу друг другу и при полном равенстве токов по амплитуде и фазе телефон или другой индикатор, включённый в цепь контрольной катушки $L_к$, будет фиксировать соответственно минимум звука или нулевые показания. В схеме следует применять особые меры борьбы с паразитными ёмкостями и индуктивным взаимодействием. Поэтому все соединительные провода, эталоны сопротивлений и ёмкостей и т. д. должны быть хорошо экранированы.

При использовании данной схемы для измерения ёмкости конденсатора C_x, имеющего потери, между клеммами *уу* подключают эталонный переменный конденсатор $C_э$ и последовательно с ним эталонное переменное сопротивление $r_э$. Подбирая значения $C_э$ и $r_э$, добиваются получения нуля в индикаторной цепи и определяют C_x и потери в нём.

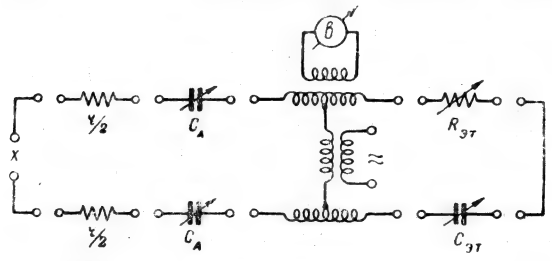


Рис. IX.31. Схема измерительного моста

В целях ускорения и повышения точности измерения применяются специальные высокочастотные мосты, основанные на описанном дифференциальном принципе, но тщательно сконструированные с применением двойного экранирования. Эти мосты позволяют быстро измерить комплексное сопротивление, а также отдельно его составляющие.

На рис. IX.31 показан такой измерительный мост. Центральная часть моста включает два одинаковых дифференциальных трансформатора. В среднюю ветвь подаётся питание от мо-

дулированного генератора высокой частоты. В индикаторную цепь одного из дифференциальных трансформаторов включается приёмник или другой индикатор. Правильность схемы предварительно проверяется путём подстройки её уравнивающими конденсаторами C_A и замыканием накоротко ветвей моста. При этом индикаторный приёмник настраивается на частоту генератора, питающего схему. Для повышения точности измерение производится дважды. Таким образом, истинное значение определяется не путём непосредственного измерения, а методом вычитания. Это приводит к тому, что отпадают ошибки, вносимые соединительными проводами и т. д.

Для примера на рис. IX.32 показано измерение малого активного сопротивления. Сначала по схеме *а* измеряемое сопротивление r включается последовательно с большим постоянным сопротивлением R_0. Путём уравновешивания моста подбирают значение $R_1 = r + R_0$. Затем производят соединение по схеме *б*, когда измеряемое сопротивление r замкнуто накоротко, а параллельно с R_1 подключено сопротивление R_2. Сохраняя R_1 постоянным, вновь уравновешивают схему, подбирая значение R_2. Для этого случая

$$R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{и} \quad r = \frac{R_1^2}{R_1 + R_2}.$$

Измерительный мост встречается в двух вариантах: на диапазон 60—1600 *кгц* и 1,6—4 *мггц* и позволяет измерять активные сопротивления от 0,1 до 100 000 *ом* для первого варианта и от 1 до 10 000 *ом* для второго и ёмкости от 1 *мкф* до 1 *пф*. Точность измерений находится в пределах 0,1%.

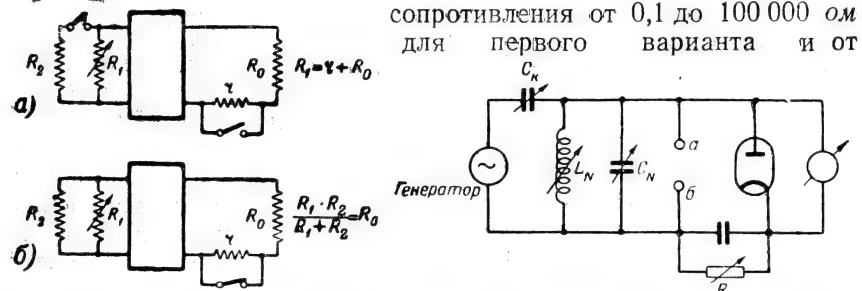


Рис. IX.32. Схема измерения малого активного сопротивления

Рис. IX.33. Измеритель комплексного сопротивления контура

Существует также специальный измеритель Z, позволяющий измерить Z контура, Q катушек индуктивностей и $\operatorname{tg} \varphi$ потерь в конденсаторах. Этим прибором можно также измерять входные сопротивления антенн, фидеров и высокочастотных фильтров. Схема прибора показана на рис. IX.33.

Прибор построен на резонансном принципе и включает: генератор высокой частоты с ёмкостным делителем C для изменения уровня подачи; резонансный контур, состоящий из набора 10 катушек индуктивностей L_N и градуированного конденсатора C_N; ламповый вольтметр, включённый в цепь последовательно с сопротивлением R.

Измерение производится следующим образом: измеряемое комплексное сопротивление подключается к зажимам *а*, *б* параллельно колебательному контуру. Подбором питающей частоты или параметров контура L_N и C_N устанавливают резонанс и увеличивают связь с генератором для получения достаточного отклонения прибора, затем отключают измеряемое комплексное сопротивление и находят вновь резонанс, определяя необходимое изменение ΔC_N. Зная ΔC_N и f, определяют ёмкостную слагающую:

$$x = \frac{1}{2\pi f \Delta C_N}.$$

При отключении измеряемого объекта затухание резонансного контура уменьшается, а показание прибора соответственно увеличивается. Для получения прежнего показания изменяют R на величину Δr и определяют по известному R и Δr активное сопротивление измеряемого объекта. Прибор позволяет измерить R_x в пределах от 1 *ком* до 200 *мгом* и C_x от 5 до 1100 *пф*.

Для снятия кривых изменения комплексного сопротивления линий, усилителей, громкоговорителей, телефонов и т. п. в зависимости от звуковой частоты разработан другой вариант аналогичного прибора — зетметр. Зетметр может служить также для измерения добротности катушек и величины потерь в конденсаторах. Он основан на известном принципе измерения комплексного сопротивления по методу вольтметра (рис. IX.34). Подключая вольтметр попеременно к Z_x и R_s и изменяя R_s, подбирают его так, чтобы прибор в обоих случаях показывал одинаковое напряжение. При этом, очевидно, сопротивления будут равны друг другу, так как они включены последовательно и через них идёт общий ток, но фаза их может быть различна.

Рис. IX.34. Схема зетметра

Неудобство частого переключения вольтметра устранено в зетметре применением схемы балансного усилителя в комбинации с двумя выпрямителями и ламповым вольтметром.

Принципиальная схема такого зетметра показана на рис. IX.35. Генератор звуковой частоты питает последовательную цепь из из-

вестного и измеряемого сопротивлений. Падения напряжения на каждом из них подаются на сетки ламп балансного усилителя и создают напряжения на сопротивлениях R_1 и R_2.

Эти напряжения выпрямляются выпрямителями, и их разность измеряется ламповым вольтметром. При равенстве напряжений прибор не даёт отклонений. Для измерения комплексного сопротивления Z_x его подключают к прибору и, вращая ручку переменного сопротивления R, добиваются нулевого отклонения стрелки прибора. Шкала у ручки сопротивления показывает при этом значение комплексного сопротивления прямо в омах. Прибор позволяет измерить сопротивление от 0,5 до 100 000 *ом*. Кроме того, имеются зажимы для подключения дополнительного сопротивления и, таким образом, пределы измерения расширяются.

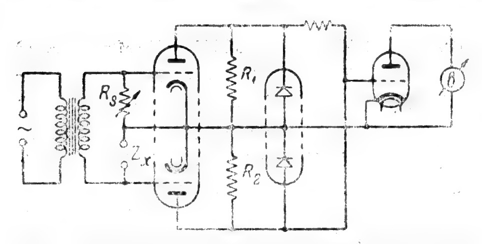


Рис. IX.35. Принципиальная схема зетметра

Этим же прибором могут быть измерены ёмкости от 0,0012 до 10 000 *мкф* и индуктивности от 5 *мгн* до 500 *гн*. По известной частоте источника питания и измеренной величине сопротивлений ωL и $\frac{1}{\omega C}$, используя прилагаемые к прибору графики, определяют величину L или C.

Описанный метод, позволяя определить величину сопротивления Z_x, не определяет ещё фазового угла. Для измерения его схема прибора изменяется в соответствии с рис. IX.36*а*. Прибор снабжается переключателем (на схеме он не показан), соединяющим выходы балансного усилителя параллельно, благодаря чему выпрямитель имеет на входе напряжение, пропорциональное напряжению E_θ, равное геометрической сумме векторов E_{R_s} и E_{Z_x} (рис. IX.36*б*).

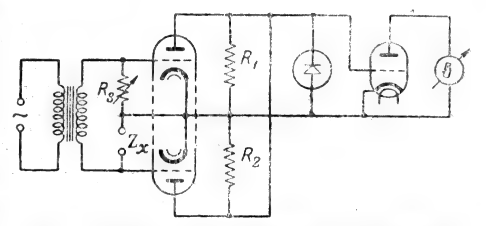


Рис. IX.36*а*. Схема зетметра для измерения фазового угла

Амплитуды напряжений на R_s и неизвестном сопротивлении при балансе равны друг другу. Если Z_x является чисто активным сопротивлением, то напряжения на выходе балансного усилителя E_{Z_x} и E_{R_s} равны друг другу, но направлены навстречу и стрелка прибора не отклоняется. Если Z_x является чисто индуктивным или ёмкостным сопротивлением, то напряжения на выходе

балансного усилителя также равны друг другу, но сдвинуты по фазе на $\pm 90^\circ$. Это создаёт результирующее напряжение, пропорциональное полному отклонению прибора (90°). В других случаях прибор покажет промежуточное значение угла сдвига ($E_{\Theta 2}$).

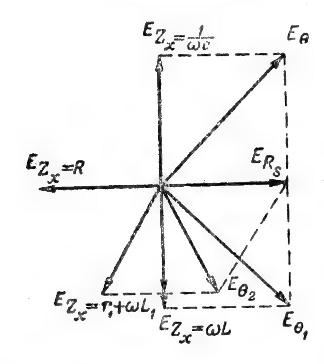


Рис. IX.36б. Векторная диаграмма

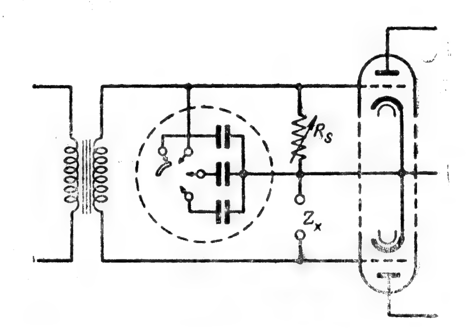


Рис. IX.37. Схема зетметра для измерения знака фазового угла

Прибор может быть таким образом прямо отградуирован в градусах. Так как добротность катушек $\frac{\omega L}{R}$ пропорциональна тангенсу φ, а потери в конденсаторах котангенсу φ, то эти значения также могут быть нанесены на дополнительные шкалы прибора.

Для определения знака фазового угла в приборе параллельно сопротивлению R_S подключается небольшая ёмкость (рис. IX.37). При измерениях сначала добиваются баланса $Z_x = R_s$, затем переключают прибор на параллельную схему и измеряют фазовый угол. Далее, для определения знака достаточно включить поворотом ручки дополнительную ёмкость. Если Z_x имеет ёмкостный характер, то прибор уменьшает показание, а при Z_x индуктивного характера показания увеличиваются, чем и определяется знак фазового угла.

Прибор позволяет измерять комплексные сопротивления с точностью до 1% и фазовый угол до 2°.

Для удобства измерений прибор может получать звуковую частоту или от отдельного звукового генератора или от генератора с фиксированной частотой 400 *гц*, замонтированного в самом приборе. Прибор питается от переменного тока напряжением 120 *в* и потребляет около 30 *вт*.

IX.14. Куметр

Куметр служит для измерения добротности Q колебательных контуров, индуктивностей и ёмкостей, определяемых равенствами:

$$\frac{\omega L}{r_L} = Q \quad \text{и} \quad \frac{1}{\omega C r_C} = Q.$$

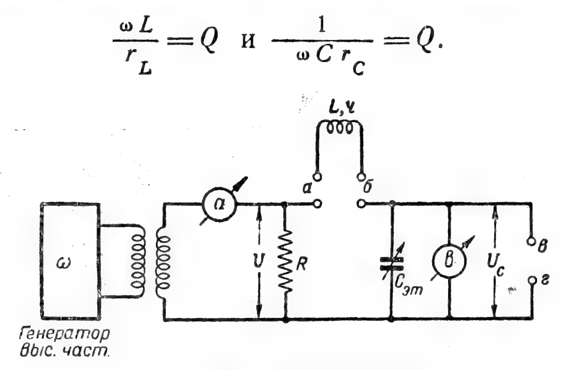


Рис. IX.38. Схема куметра

Кроме того, прибор позволяет узнать активное сопротивление r_L измеряемых индуктивностей и угол потерь r_C конденсаторов.

Куметр (рис. IX.38) состоит из генератора высокой частоты ω, последовательного или параллельного резонансного контура и двух измерительных приборов: лампового вольтметра *в*, измеряющего напряжение на зажимах эталонного конденсатора U_C, и термоамперметра *а*, позволяющего установить начальную точку отсчёта и определить напряжение высокой частоты U на известном сопротивлении R. Сопротивление R равно 0,04 *ом*, и поэтому можно считать, что U будет определяться, главным образом, им.

Подключая измеряемую индуктивность L к зажимам *аб* и вращая конденсатор $C_{эт}$, находят по максимуму показаний вольтметра положение конденсатора, соответствующее последовательному резонансу. При этом полагают, что конденсатор не имеет потерь:

$$\frac{U_C}{U} = \frac{\omega_p L}{r_L} = Q.$$

При измерениях значение $U = IR$ устанавливают постоянным, тогда $Q = AU_C$, и шкала катодного вольтметра может быть проградуирована для непосредственного отсчёта значения Q.

Индуктивность L определяют из выражения:

$$\omega_p L = \frac{1}{\omega_p C_p}.$$

Воспользовавшись этим равенством, можно написать

$$Q = \frac{1}{\omega_p C_p r_L},$$

откуда активное сопротивление катушек равно

$$r_L = \frac{1}{\omega_p C_p Q}.$$

Эти соображения справедливы, если индуктивность имеет пренебрежимую распределённую ёмкость, в противном случае измеренное Q будет менее действительного.

При измерении ёмкости C_x и угла потерь конденсатора его подключают к зажимам *вг,* параллельно эталонному конденсатору $C_{эт}$. Измерение производят следующим образом. Подбирают индуктивность L такой, чтобы при заданной частоте генератора ω и отключённом C_x получить последовательный резонанс. Отметив при резонансе положение эталонного конденсатора C', подключают C_x и вновь находят резонанс и отмечают положение эталонного конденсатора C''. Очевидно, что

$$C_x = C' - C''.$$

Если измеряемый конденсатор имеет заметные потери, то при первом положении C' определяют также затухание контура $d = r\omega C'$, где r представляет собой сопротивление включённой катушки индуктивности L.

При подключённом измеряемом конденсаторе C_x потери увеличатся. Активное сопротивление конденсатора R_{Cx} подключено параллельно ёмкости C_x.

Пользуясь формулой

$$r_x \approx \frac{1}{\omega_p^2 C_p^2 R_{cx}},$$

можно пересчитать сопротивление R_{C_x} на сопротивление r_x, включённое последовательно в измеряемый контур.

Тогда общее активное сопротивление контура будет

$$r + r_x,$$

а общее затухание

$$d_1 = (r + r_x)\,\omega_p C_p = r\,\omega_p C_p + r_x\,\omega_p C_p = d + d_c,$$

где d получается из первого измерения при отсутствии измеряемого конденсатора, а d_1 при его наличии.

Следовательно,

$$d_c = d_1 - d = r_x \omega_p C_p.$$

Зная r_x, определяют R_{c_x}.

На рис. IX.39 представлена схема всеволнового куметра типа КВ-1. Она состоит из генератора с диапазоном 50—40 000 *кгц*,

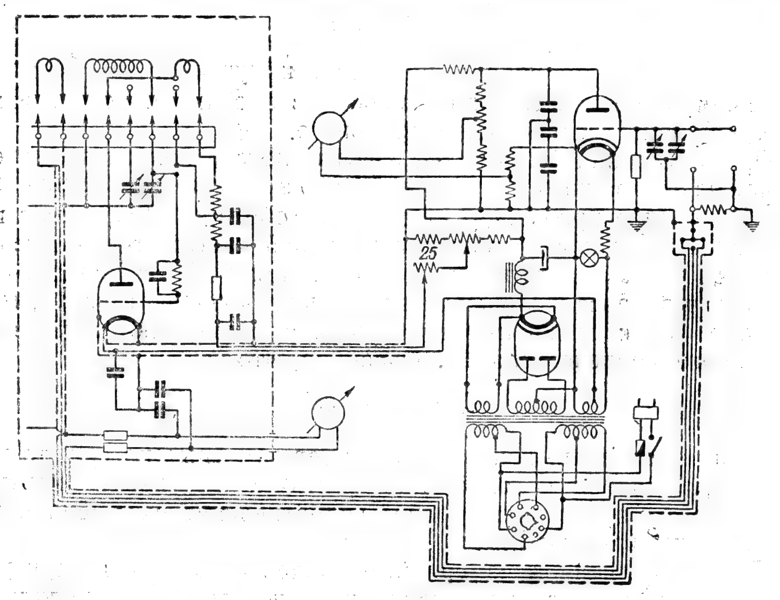


Рис. IX.39. Схема всеволнового куметра КВ-1

лампового вольтметра и резонансного контура. Напряжение высокой частоты подаётся на сопротивление связи и с него на колебательный контур, подключённый к зажимам лампового вольтметра. Контур настраивается в резонанс двумя конденсаторами; напряжение на нём измеряется ламповым вольтметром.

Прибор позволяет измерить добротность контуров в пределах от 25 до 625, добротность конденсаторов, потери в диэлектриках.

Пределы измерения ёмкости контура — от 30 до 450 *мкмкф*. Пределы измерения индуктивностей — от 0,1 *мкгн* до 100 *мгн*. Прибор потребляет 60 *вт*. Питание подводится от сети переменного тока напряжением 110, 127 или 220 *в*. Куметр может быть использован также для измерения комплексного сопротивления антенны. Конструктивно куметр собран на одной наклонной панели, закрытой с обратной стороны защитным чехлом. На панели установлены все ручки управления и приборы.

IX.15. Счётчики электроэнергии

Промышленность выпускает три типа счётчиков: тип *М*, тип ИТ и тип ИТР.

Счётчик типа *М* представляет собой прибор для учёта активной электрической энергии в однофазных цепях 50-периодного тока. Его схема соединений показана на рис. IX.40. Счётчик

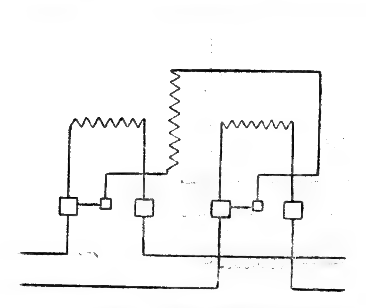


Рис. IX.40. Схема включения счётчика типа М

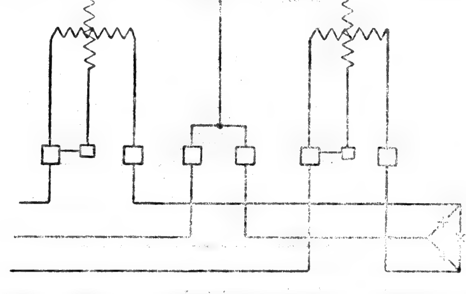


Рис. IX.41. Схема включения счётчика типа ИТ

рассчитан на напряжении 127 и 220 *в* и на токи в 5 и 10 *а*. При больших значениях измеряемых токов применяют включение счётчиков через измерительные трансформаторы.

Счётчик типа ИТ предназначен для измерения активной энергии трёхфазного тока и применяется для учёта промышленной и бытовой нагрузки. Схема соединений для непосредственного включения счётчика в цепь питания показана на рис. IX.41; схема с использованием измерительных трансформаторов тока приведена на рис. IX.42; схема с использованием трансформаторов тока и напряжений — на рис. IX.43.

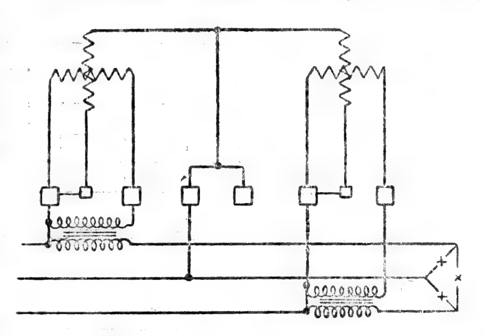


Рис. IX.42. Схема включения счётчика через измерительные трансформаторы тока

Счётчики этого типа рассчитаны на напряжения 127, 220 и 380 *в* и на ток в 5, 10 и 15 *а*. Для подключения через трансформаторы используются счётчики на 100 *в* и 5 *а*.

Счётчик типа ИТР предназначен для измерения реактивной энергии в трёхфазных цепях переменного тока 50 *гц*. Схема соединений для непосредственного включения счётчика показана на

рис. IX.44. Все описанные счётчики имеют цифровые указатели учёта потребляемой энергии и указатель вращения диска, позволяющий подсчитать число оборотов. При этом на таблице счётчика указывается значение числа оборотов якоря *c*, соответствую-

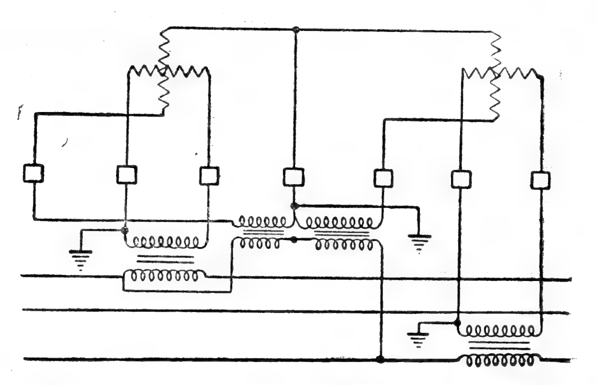


Рис. IX.43. Схема включения счётчика через измерительные трансформаторы тока и напряжения

щее одному киловатт-часу. Таким образом, считая при включённом передатчике число оборотов и время в секундах, можно определить энергию в киловатт-часах и мощность.

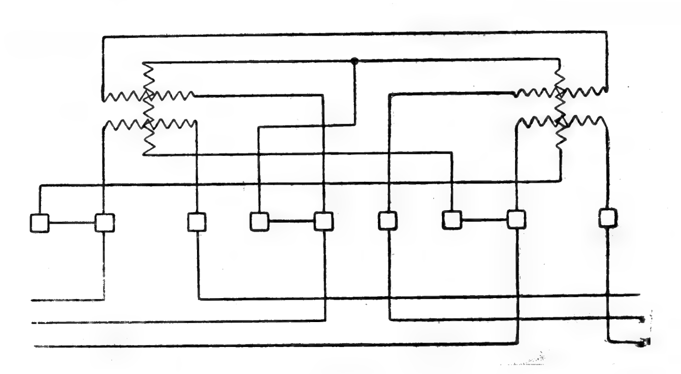


Рис. IX.44. Схема включения счётчика типа ИТР

Если счётчик сделал за t секунд n оборотов, потреблённая мощность равна

$$P_{квт} = \frac{3600\,n}{ct},$$

так как энергия за 1 оборот равна

$$P_{квт \cdot сек} = \frac{3600}{c}.$$

Измерив ваттметрами мощность, можно проверить счётчик. Например, пусть на счётчике показано, что $c=1000$. При нагрузке в 3,28 *квт* счётчик дал 60 оборотов за 72 *сек*. Следовательно, в действительности

$$c = \frac{3600 \cdot n}{Pt} = \frac{3600 \cdot 60}{3{,}28 \cdot 72} = 915$$

и ошибка счётчика будет 8,5% в сторону уменьшения.

Действующая в СССР тарифная система предусматривает различные варианты оплаты за электроэнергию в зависимости от величины присоединённой нагрузки и её вида (осветительная, силовая или смешанная нагрузки). В случае силовой нагрузки учёт ведётся по счётчикам, установленным на первичной или на вторичной стороне трансформатора. При учёте энергии на вторичной стороне тариф несколько повышается за счёт потерь в трансформаторе.

Для учёта косинуса «фи» при значительной силовой нагрузке обязательна установка реактивных счётчиков. Если осветительная нагрузка достаточно велика, то учёт энергии ведётся раздельно по силовой и по осветительной нагрузке. Для предприятий с нагрузкой до 50 *квт* оплата энергии взимается по единому тарифу без разделения по роду нагрузки.

ГЛАВА X

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО РАДИОЦЕНТРА

X.1. Обслуживание электроустановок

На передающем радиоцентре электрическое оборудование энергоснабжающих организаций тесно соприкасается с электрическим оборудованием, применяемым для генерации токов высокой частоты. Организация обслуживания всего энергохозяйства радиостанций проводится по единым правилам, обязательным для всех электроустановок в СССР. Однако обслуживание электрооборудования радиотехнической аппаратуры имеет некоторые особенности. Так, например, по единым правилам всякая работа, требующая входа в камеру с высоким напряжением и связанная с необходимостью дотрагиваться до оборудования, производится по системе нарядов, в которых точно описываются все операции. Применение этого правила к передатчику весьма осложнило бы эксплуатацию. Передатчик ежедневно перестраивается с волны на волну, требует смены ламп и т. д. Поэтому безопасность обслуживания радиооборудования достигается применением сложной системы электрической и механической блокировки. Блокировкой охватываются все элементы электрической цепи, относящиеся непосредственно к передатчику.

У передатчиков малой и средней мощности при входе за передатчик специальным рубильником или разъединителем полностью отсоединяется цепь высокого напряжения и заземляются высоковольтные шины. Кроме того, разряжаются высоковольтные фильтровые конденсаторы. На мощных радиостанциях задача осложняется, так как значительная часть оборудования передатчика—разъединители, масляные выключатели, трансформаторы тока и напряжения — вынесена в общее распределительное устройство и поэтому может быть только частично охвачена системой блокировки. Это оборудование, называемое «выделенным», должно обслуживаться в соответствии с едиными правилами, установленными для оборудования находящегося в замкнутых помещениях.

Таким образом, часть оборудования одного и того же передатчика блокируется, а другая обслуживается по нарядам. Это представляет известные неудобства и там, где это возможно, необходимо стремиться выделять всё оборудование передатчика в одну систему с охватом её общей блокировкой, так как сочетание двух систем эксплуатации, особенно на станциях средней мощности, может приводить к нарушению правил. Для уменьшения опасности при обслуживании в новых конструкциях предусматривается выполнение ряда оперативных переключений (переход с волны на волну и др.) без захода в помещение с проводкой высокого напряжения.

Обслуживание подстанций, подпадающих под единые правила, производится дежурным и ремонтным персоналом. Функции того и другого чётко определяются правилами.

Все лица, соприкасающиеся с обслуживанием электроустановок, обязаны проходить специальную подготовку и сдавать экзамены на право работы в установках высокого и низкого напряжения. Кроме того, все лица, допускаемые к обслуживанию высоковольтных установок, должны проходить освидетельствование их физического состояния в медицинских комиссиях. Заключение комиссии является обязательным при зачислении на работу. Каждый, вновь приступающий к обслуживанию, проходит обучение на рабочем месте и подвергается проверке знаний правил безопасности в специальной квалификационной комиссии, которая присуждает ему группу по технике безопасности и выдаёт свидетельство на право обслуживания электрических установок. Все лица, обслуживающие установки высокого напряжения, начиная со II группы, должны ежегодно проходить повторные проверки знаний правил безопасности и правил подачи первой помощи.

Обслуживание высоковольтной подстанции на радиостанциях обычно возлагается на отдельное лицо, входящее в общую дежурную смену. Дежурный подстанции, ведя надзор за оборудованием и осуществляя переключения, не имеет права производить какие бы то ни было работы на оборудовании высокого напряжения. Ему запрещается снимать ограждения или проникать за них.

Дежурный подстанции не имеет права принимать участие в работе ремонтной бригады. На выделенных подстанциях, если в смене имеется два человека, младший из дежурных может принять участие в работе ремонтной бригады, но обязан в любой момент вернуться к исполнению прямых обязанностей по требованию старшего дежурного.

Операции по переключениям на распределительной подстанции разрешается производить только сменному персоналу, во время его дежурства и только по распоряжению и с ведома вышестоя-

щего дежурного. Переключения части распределительного устройства, которая входит в энергосистему, производятся только по распоряжению диспетчера энергосистемы.

Список лиц, имеющих право производить переключения в той части схемы, которая в оперативном отношении подчинена диспетчеру энергосистемы, заблаговременно сообщается последнему.

При стихийных бедствиях отключение можно производить, не получая предварительного согласия диспетчера, но с последующим уведомлением. При включении главного питающего трансформатора включают сначала выключатель со стороны электростанции, после чего дают нагрузку на трансформатор.

Одиночный дежурный — лицо с квалификацией IV группы — производит все оперативные переключения единолично. Наложение заземления одиночным дежурным может производиться на выводы отключённой линии при помощи специальной штанги только с согласия диспетчера.

При дежурстве двух лиц все переключения, кроме отключения выключателей, производятся двумя лицами, из которых один является начальником смены или старшим дежурным по подстанции. Включение и отключение выключателей производится единолично.

В установках, не имеющих постоянного дежурства, например на понижающих открытых подстанциях радиоцентра, все переключения производятся двумя лицами: старшим не ниже IV группы и младшим не ниже III группы. Контролирующим лицом является работник старшей группы.

По окончании порученной операции исполняющий докладывает об этом начальнику смены и делает запись в оперативном журнале.

Распоряжение о переключении может быть передано начальником смены устно, по телефону. Полученное по телефону распоряжение повторяется принимающим. Сообщение об окончании операции передаётся по телефону лично тем, кто принял поручение.

Для входа на подстанцию действуют следующие правила. Открыть замок на входе подстанции имеет право только лицо, на то уполномоченное. Право входа на подстанцию имеет квалифицированный, соответственно инструктированный, обслуживающий персонал и только в присутствии уполномоченного лица.

Осмотр оборудования может быть произведён и одним лицом, имеющим на то право, но это должно быть сделано только с ведома дежурного персонала, и при осмотре нельзя проникать за ограждения или барьеры, снимать ограждения и предупредительные плакаты, а также производить какие-либо работы.

Помещение распределительной подстанции, как правило, должно быть заперто и ключ должен храниться у ответственного лица. На радиоцентрах, где вход на распределительную подстанцию осуществляется из зала передатчиков, разрешается держать помещение не запертым, если вход находится под непосредственным наблюдением дежурного. При временной отлучке дежурного он обязан запереть вход на подстанцию, передав ключ начальнику смены.

Работы на распределительной подстанции разбиваются на 3 категории: работы при полном снятии напряжения с установки, при частичном снятии напряжения и без снятия напряжения. Выполнение их может производиться: по наряду формы I, по наряду формы II и без наряда, по устному, телефонному распоряжению с записью в журнал.

Работы со снятием напряжения полным или частичным выполняются по наряду формы I. Работы без снятия напряжения — по наряду формы II. Без наряда по устному распоряжению производятся работы, выполняемые дежурным персоналом или под его неотступным наблюдением.

Ответственность за безопасность работ несут следующие лица:

а) лицо, выдающее и подписывающее наряд или отдающее распоряжение,

б) ответственный руководитель работ (не ниже V группы),

в) непосредственный производитель работ или наблюдающий (бригадир, не ниже IV группы),

г) дежурный по подстанции (допускающий к работе),

д) лица, включённые в бригаду (не ниже II группы).

Допускается при необходимости, совмещение обязанностей лица, выдающего наряд, и ответственного руководителя.

Дежурный персонал, несущий вахту, не может быть ответственным руководителем или производителем работ.

При необходимости производства ремонта на подстанции ответственным лицом выписывается наряд с указанием порядка проведения ремонта.

Ремонтная бригада должна состоять не менее чем из двух человек. Допуск её к работе производится дежурным по подстанции. Наряд выдаётся на руки ремонтной бригаде. В наряде указываются состав бригады, лица, ответственные за проведение работ, место и состав работы и необходимые меры безопасности.

В организации производства ремонта, в итоге, принимают раздельное участие 3 человека: лицо, составившее и выдавшее наряд, лицо, подготавливающее рабочее место и допускающее к работе, и ответственный руководитель работ. Все эти лица подписывают наряд. Выдающий наряд должен хорошо знать состав работы и условия работы: должно ли быть снято напря-

жение и где именно, какие должны быть установлены дополнительные ограждения, где следует установить заземлители и т. д. В обязанность допускающего к работе входит подготовка рабочего места: он ставит ограждение, вешает надписи, устанавливает заземлители. Только после этого бригада допускается к работе; её руководитель следит за точным выполнением указаний.

Каждая бригада получает на руки только один наряд с тем, чтобы весь её состав работал в одном месте и находился непрерывно под наблюдением. Наблюдающий не имеет права покидать участок работы до её окончания. Если одновременно намечено выполнить работы в различных участках подстанции, необходимо выписать два наряда и выделить две бригады для исполнения.

Если предстоит большой объём работы, то он выполняется при полном снятии напряжения с подстанции. При этом допускается одновременная работа во многих местах и с неполным составом бригад.

Подготовка участка работы при частичном снятии напряжения заключается в следующих последовательных действиях дежурного: прежде всего участок работы отключается от всех видов питания, в том числе и со стороны низкого напряжения во избежание обратной трансформации и вторичной коммутации; отключается также напряжение с соседних участков схемы. Если снять напряжение с соседних участков нельзя, то должны быть установлены устойчивые временные ограждения, обеспечивающие безопасность работающих.

Во избежание случайных обратных включений снимают или запирают рукоятки проводов, вывинчивают или удаляют предохранители. Вывешивают на проводах плакаты: «Не включать, работают люди!» и «Стой, высокое напряжение!» на ограждениях соседних и противолежащих ячеек. Испытывается пробником отсутствие напряжения на деталях рабочего участка. Устанавливаются заземлители на все три фазы. Вывешиваются плакаты: «Работать здесь».

После этого производится допуск бригады. Дежурный вместе с ответственным руководителем и производителем работ осматривают рабочий участок и проверяют достаточность принятых мер безопасности. Касаясь частей оборудования, дежурный подтверждает отсутствие на них напряжения, подписывает наряд и передаёт его производителю работ, тем самым передавая ему ответственность.

По окончании ремонта дежурный персонал принимает работу, осматривает оборудование, проверяет отсутствие временных проводов, забытых инструментов и т. д.; отбирает у производителя работ наряд и снимает заземления, предостерегающие надписи и временные ограждения.

При ремонте аппаратуры управления, защиты и сигнализации производится проверка ея действия путём нескольких пробных включений.

О закрытии наряда делается отметка в оперативном журнале и извещается руководство.

Существует ряд работ на подстанции, выполняемых без снятия высокого напряжения, не требующих отключения или заземления оборудования, например уборка помещения до ограждения, очистка резиновых дорожек, ремонт замков, дверей и т. п. Дежурный персонал выполняет эти работы без наряда. При этом, если на подстанции установлены сетчатые ограждения, уборка производится одним лицом; при ограждениях в виде барьеров — двумя лицами. Если необходимо работать с оборудованием, находящимся под напряжением, то нужно отделить рабочий участок ограждениями, чтобы производящий работы не мог приблизиться к частям оборудования, находящимся под напряжением ближе, чем на 0,7 *м* — при напряжении до 10 *кв* и на 1 *м* — при напряжениях 11—35 *кв*. При этом напряжение должно быть перед работающим только с одной какой-нибудь боковой стороны. К работам такого рода относятся: мелкий ремонт арматуры кожуха, присоединение аппаратуры для сушки масла, доливка масла и взятие проб, измерение тока клещами, фазировка, паспортизация оборудования.

Все эти работы производятся по наряду формы II двумя лицами III и IV группы. Из них одно непосредственно выполняет задание, а второе ведёт наблюдение, предостерегая от опасного приближения к напряжению.

В отличие от радиотехнических установок электрораспределительные подстанции не имеют общей системы электроблокировки. Все токоведущие части высокого напряжения располагаются в камерах, закрытых спереди металлическими сетчатыми или сплошными заграждениями. Вдоль коридора обслуживания на пол укладывается предохранительный резиновый ковер, периодически просушиваемый и очищаемый от случайно воткнувшихся металлических частей. Вместо ковра иногда применяются изолирующие подставки в виде деревянного решётчатого настила на фарфоровых изоляторах.

Эти мероприятия рассматриваются только как подсобные. Все операции по включению и выключению производятся персоналом, одевающим резиновые галоши или боты и резиновые перчатки. Включение разъединителей производится изоляционной штангой. Штанга имеет изолирующую рукоятку при напряжении до 10 *кв* длиной в 1560 *мм* и при 35 *кв* длиной 2310 *мм*.

Для смены трубчатых предохранителей нужно одевать галоши, перчатки и защитные очки. Для вытаскивания предохранителей служат специальные клещи.

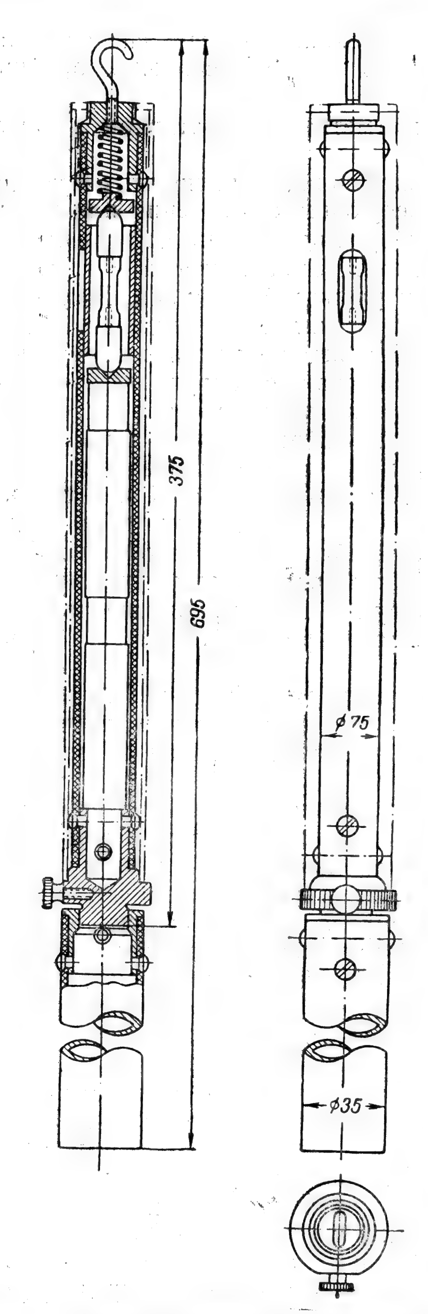


Рис. X.1. Указатель высокого напряжения

Диэлектрические свойства перечисленного инвентаря периодически проверяются в высоковольтной лаборатории и должны соответствовать установленным нормам.

Если после отсоединения разъединителя необходимо работать с оборудованием, то предварительно проверяется отсутствие напряжения при помощи указателя высокого напряжения — специальной неоновой трубки, закреплённой на конце изолирующей рукоятки (рис. X.1). Один конец трубки соединён с крючком на конце штанги, а второй с двумя включёнными последовательно конденсаторами. При касании крючком проверяемой токонесущей части, находящейся под напряжением, через конденсаторы начинает идти ток, вызывающий свечение неоновой лампочки.

Указатель напряжения имеет посередине зажим для заземления. Однако практика показала, что безопаснее работать со штангой, не имеющей заземления. Заземление применяют только тогда, когда измерение производят с высоких деревянных опор, лестниц и т. д., так как ёмкостный ток без заземления может оказаться недостаточным для свечения лампочки. Заземление выполняют проводом с изоляцией типа маг-

нето. Проверку производят в защитных резиновых ботах и перчатках.

Для проверки целости прибора сначала подносят его к шине, заведомо находящейся под напряжением, а затем уже к проверяемому оборудованию. Если такую проверку провести нельзя из-за отсутствия напряжения, то касаются испытываемого оборудования крючком прибора и следят, нет ли при касании искры или треска. Проверку производят по всем фазам, а у масляных выключателей по всем шести втулкам.

После проверки отсутствия напряжения оборудование до начала работ заземляют. Для этого все фазы соединяют между собой накоротко и соединяют с шиной заземления. Операции по заземлению производят в защитных галошах и перчатках. Сначала присоединяют заземлитель к зажиму общего заземления подстанции, и только после этого при помощи специальной изолирующей штанги на каждую из фаз накладывают закорачивающие проводники. После этого их прочно закрепляют руками в резиновых перчатках, место работы ограживают, если это необходимо, защитными барьерами и вывешивают предостерегающие плакаты и надписи.

Во избежание оставления закорачивающих проводников по окончании работ необходимо заземлять оборудование только специальными заземлителями и нумеровать их. Перед подачей напряжения все заземлители должны быть возвращены в места их хранения. По окончании работ вся схема восстанавливается, надписи и временные ограждения снимаются.

Высоковольтные разъединители, устанавливаемые на подстанциях, могут быть включены и выключены только при выключенном масляном выключателе, так как они рассчитываются для отсоединения обесточенных элементов цепи.

В виде исключения допускается использование разъединителей для выключения небольших нагрузок, когда разрыв контакта не сопровождается появлением дуги.

Ошибочный разрыв разъединителем большого тока нагрузки приводит обычно к перекрытию дугой всех трёх фаз и сопровождается тяжёлыми разрушениями всей схемы. Кроме того, возникает опасность и для самого персонала.

Во избежание несчастного случая следует устанавливать разъединители на большой высоте и применять для включения длинный рычажный привод. Ошибочные действия персонала могут быть лучше всего устранены применением системы блокировки. Для этой цели у привода разъединителя устанавливается электромагнитный замок, получающий питание через контакты, установленные на масляном выключателе (рис. X.2). Ключ *5* представляет собой электромагнит с обмоткой *6*. При необходимости выключить разъединитель ключ вставляют в замок. Если

выключатель отключён, то через обмотку *6* ключа пойдёт ток, и штифт *3*, запирающий поворотную систему разъединителя, притянется к ключу и отопрёт замок, позволяя повернуть рычаг привода. Если выключатель не отключён, питание не поступает, ключ не притягивает штифта *3* и замок остаётся запертым; рукоятка не может быть повёрнута.

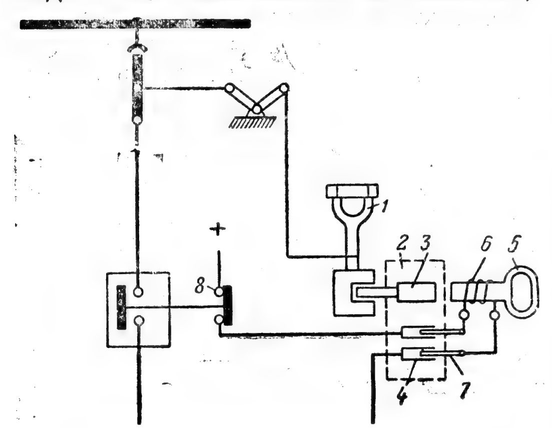


Рис. X.2. Электромагнитный замок

1—рычаг привода разъединителя; 2—корпус замка; 3—штифт; 4—гнездо; 5—ключ; 6—обмотка ключа; 7—вилка; 8—добавочные контакты маслянного выключателя

Применяется также и обычная ключевая блокировка, когда на приводе масляного выключателя устанавливается замок с защёлкой, аналогичный замку на разъединителе. Ключ для обоих замков общий. При включённом разъединителе личинка его замка входит в паз и не позволяет повернуть рычаг привода. При включённом масленике нельзя также вынуть из его замка ключ. Необходимо сначала выключить масленик, освободить ключ из замка, после чего уже нельзя вновь включить выключатель и перенести ключ к разъединителю.

Кроме описанных, могут быть использованы и другие варианты блокировок для аналогичной цели.

X.2. Эксплуатация масляных выключателей

В отличие от масляных выключателей, устанавливаемых на электрических подстанциях, масленикам на радиостанциях приходится выдерживать частое включение и выключение тока. Поэтому им должно быть уделено больше внимания, чем в обычных электросиловых установках, где включение и выключение производятся сравнительно редко.

В эксплуатации основное внимание уделяется правильной работе включающего и выключающего механизма. Все движущиеся части механизма должны быть надёжно укреплены. Гайки не должны иметь возможности самоотвинчивания, шплинты должны быть хорошо разведены и все трущиеся части смазаны.

Включение масленика должно происходить свободно и быстро, без заметной задержки. Выключатель должен возвращаться в исходное отключённое положение из любого промежуточного поло-

жения. Включение должно происходить равномерно и одновременно для всех трёх фаз. Контактные поверхности должны иметь плотную ровную площадь соприкосновения. Обнаруженные при осмотре следы нагара следует удалять. Искрогасители в случае их износа заменяются новыми.

Одновременность включения всех фаз проверяется низким напряжением по схеме рис. X.3. При включении масленика все три лампы должны вспыхивать сразу. Очень большое значение имеет плотность контактов. Правильность работы выключателя косвенно контролируется показаниями сигнальных ламп, сигнализирующих о подготовленности цепей включения или отключения. При нажатии одной из кнопок должен подействовать соответствующий соленоид и включить или выключить масленик. При этом должна погаснуть горевшая лампа и зажечься другая. Если у включённого масленика погасла сигнальная лампа «включено», то это свидетельствует либо о неисправности самой лампы (её следует немедленно заменить), либо о неподготовленности цепи отключения. Это очень опасный признак, так как в случае перегрузки масленик может не отключиться, защитные устройства отключат следующий за ним по направлению к электростанции масленик и будут обесточены другие цепи, например соседние передатчики, и т. д. Поэтому такой масленик нужно заменить резервным и проверить.

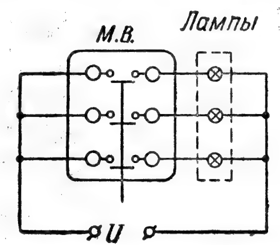


Рис. X.3. Схема проверки одновременного включения фаз

Наблюдая за свечением сигнальной лампы в момент включения, можно определить характер повреждения. Если после нажатия кнопки «включено» одна лампа гаснет, а вторая вспыхивает и гаснет, это может свидетельствовать о слишком высоком напряжении в цепи автоматики, вследствие чего соленоид излишне сильно воздействует на привод и выбивает защёлку. При низком напряжении возможно, наоборот, что механизм не дотянет до включения и защёлка не будет захвачена. Если напряжение находится в норме, следует проверить, насколько свободно ходит механизм включения, нет ли излишнего трения, не износилась ли защёлка и нет ли искривления плеч. В последнем случае лампа «включено» вообще не загорается.

После отключения масленикам цепи, в которой произошло короткое замыкание, он обязательно подвергается осмотру. Если признаков неисправности не обнаружено, масленик включается вновь. Если есть подозрение, что масленик повреждён, следует взять пробу масла. Чёрное непрозрачное масло свидетельствует, что масленик не сразу погасил дугу и обгорели контакты.

Залитое в масляный выключатель масло подвергается периодической проверке. При текущей проверке обращается внимание на температуру нагрева масленика, отсутствие утечки масла или следов выброса его и внешнее состояние механизма привода.

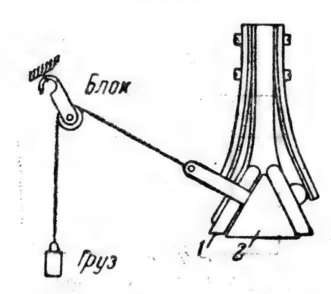


Рис. X.4. Динамометр для проверки контактов масленика

Плановые осмотры выключателей с наружной чисткой и проверкой правильности действия механизмов производятся в соответствии с расписанием профилактических осмотров на данном объекте, но не реже одного раза в две недели.

При капитальном ремонте выключатель разбирают, бак тщательно чистят и заливают очищенным маслом, проверяют правильность работы механизмов выключения и зачищают или сменяют контакты включения. После сборки механизма масленика проверяют степень прижатия контактов пружинами. Проверку ведут или щупом или при помощи динамометра (рис. X.4). Для этой цели изготавливают скобу из листа толщиной в 0,1 *мм* и заводят её между пальцем *1* и ножом *2*. Оттягивают палец грузом при помощи скобы и шнура, переброшенного через блок. Между контактами прокладывают лист папиросной бумаги. Уменьшая груз, зажимают бумагу контактами. Увеличивая затем постепенно груз, пытаются выдернуть бумагу, не разрывая её. Этот момент должен соответствовать величине груза (силе нажатия), рекомендуемой заводом. Для маслеников ВМ-6 и ВМ-16 величина груза равна 8—10 *кг*, для маслеников ВМ-22, ВМ-23 — 15 — 17 *кг*.

Если нажатие пружин недостаточно, то контакты, нагреваясь при работе, будут понижать диэлектрические качества масла.

Щуп для проверки нажатия берётся толщиной 0,05 *мм* и шириной в 10 *мм*. Он должен входить в пространство между контактами не больше чем в трёх местах и на глубину не более 4 *мм*.

При горшковых маслениках проверяют ход контактных стержней. Он должен быть равен 250±5 *мм*. При включении стержень не должен доходить до дна, что проверяется отсоединением стержня от тяги и опусканием его до дна.

У наиболее ответственных маслеников, при наличии соответствующей измерительной аппаратуры, проверяют по заводским данным время, протекающее с момента нажатия кнопки до окончания движения.

Время включения для ВМ-22 с приводом ПС-20 составляет 0,24 *сек*, а время отключения 0,15 *сек*. Для ВМ-16 и ПС-10 соот-

ветственно — 0,22 *сек* и 0,08 *сек* и для ВМГ-122 и ВМГ-132 с приводами ПС-10 — 0,23 *сек* и 0,1 *сек*.

X.3. Эксплуатация трансформаторов

Трансформаторы, применяемые на радиоцентрах, по своему назначению подразделяются на понизительные, силовые, осветительные, анодные, модуляционные и подмодуляционные.

Конструкция мощного трансформатора показана на рис. X.5. Сердечник его изготовляется из легированной трансформаторной стали толщиной в 0,35 и 0,5 *мм*. При индукции в 10 000 гаусов удельные потери равны для стали 0,35 *мм* : 1,5—1,25 *вт/кг* и для стали 0,55 *мм* : 1,6 *вт/кг*.

Листы изолируются друг от друга маслоупорным лаком и собираются в переплёт так, что швы одного ряда не совпадают с соседним. После сборки сердечника листы прессуются при помощи стяжных болтов, изолированных от ярма бакелизированной бумагой.

Обмотки трансформаторов изготавливаются из меди круглого или прямоугольного сечения с изоляцией из хлопчатобумажной пряжи или из тонкой кабельной бумаги. По способу намотки обмотки бывают цилиндрические и секционные (дисковые). Цилиндрические обмотки получили сейчас преимущественное распространение и представляют собой цилиндр, на который намотана медная проволока в один, два или несколько рядов. Обмотки высокого и низкого напряжения размещаются концентрически на стержнях ярма, причём обмотка низкого напряжения располагается ближе к сердечнику.

Секционные обмотки представляют собой ряд катушек (секций). На каждую секцию приходится примерно по 750 вольт. Секции включаются последовательно. Достоинством секционных обмоток является простота замены неисправных секций при производстве ремонта; недостатком — плохая циркуляция масла и, следовательно, плохая теплоотдача. Для увеличения надёжности работы трансформаторов при воздействии атмосферных разрядов первые витки или секции получают усиленную изоляцию.

Существуют различные схемы соединений обмоток. Наибольшее применение в трансформаторах до 100 *ква* получила схема «звезда» — «звезда с нулём» по группе λ_0 — 12 и для трансформаторов от 100 *ква* до 1 800 *ква* по той же схеме λ_0 — 12 или по схеме $\lambda \triangle$ — 11.

Выводы обмоток выводятся на крышку трансформатора. Начала обмоток высшего напряжения обозначаются буквами *A*, *B* и *C*, концы *X*, *Y*, *Z*. Нейтраль обозначается через 0. Начало обмоток низшего напряжения обозначается теми же буквами, но не про-

писными, а строчными. Американские фирмы применяют те же обозначения, германские обозначают начало обмоток через U, V, W, а концы X, Y, Z.

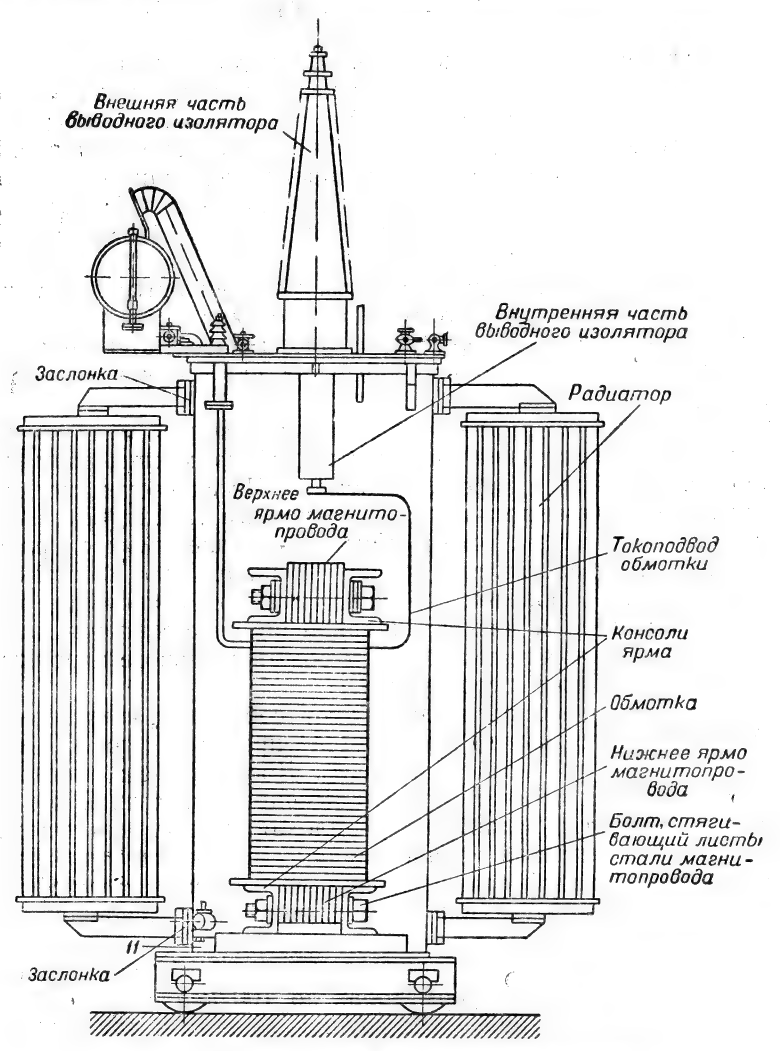


Рис. X.5. Конструкция мощного трансформатора

Обмотки высшего напряжения имеют обычно 3 или 4 ответвления, сделанные для регулировки напряжения в пределах $\pm 5\%$ от номинального.

Схемы соединений, применяемые Московским трансформаторным заводом, показаны на рис. X.6. Схема *а* применяется для всех трансформаторов 10—5600 *ква* при напряжении до 10 *кв* и для трансформаторов 100—560 *ква* при напряжении 35 *кв*. Схема *б* применяется для трансформаторов 1000—5600 *ква* при напряжении 35 *кв*.

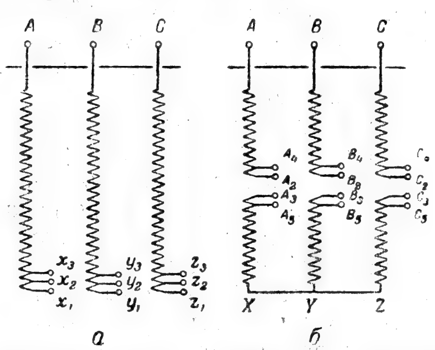


Рис. X.6. Схемы соединения обмоток трансформатора

Ручка переключателя выведена на крышку, что позволяет производить переключение без вскрытия трансформатора.

Для вывода концов обмоток служат фарфоровые проходные изоляторы. В трансформаторах для внутренней установки Московский трансформаторный завод применяет гладкие изоляторы, а для наружной — ребристые.

Сердечник трансформатора с обмотками погружается в бак, залитый маслом. Для трансформаторов мощностью до 50 *ква* и напряжением до 6 *кв* бак изготавливается с гладкими стенками. Для более мощных, где необходимо повысить теплоотдачу, увеличивают поверхность охлаждения путём установки труб, ввариваемых верхними и нижними концами в стенки бака и образующих с ним общий резервуар. Сверху бак трансформатора закрывается крышкой, прикреплённой к баку болтами. Между крышкой и верхом бака прокладывается герметизирующая прокладка из клингерита, асбестового шнура или маслоупорной резины. На трансформаторе устанавливается расширитель с маслоуказательным стеклом. Трансформаторы без расширителя выпускаются мощностью до 50 *ква* и напряжением до 6 *кв*. На трансформаторах мощностью выше 1000 *квт* устанавливается предохранительная трубка из тонкой листовой стали. Верхний конец трубки закрыт стеклянной мембраной, а нижний сообщается с баком. При повышении давления внутри трансформатора мембрана лопается и через трубку выходят газы.

Для заполнения трансформаторов до 100 *ква* маслом они снабжаются пробкой, расположенной или на верху расширителя, или, при отсутствии его, на крышке бака. Для спуска масла внизу у бака имеется спускной кран. Более мощные трансформаторы, кроме пробки на расширителе, имеют вверху бака ещё двухдюймовый кран, используемый при центрифугировании масла. Для спуска грязи в днище бака имеется ещё одна пробка.

Измерение температуры трансформаторов осуществляется ртутными термометрами. Трансформаторы мощностью в 1000 *ква* и выше снабжаются сигнальными термометрами, дающими сигнал при повышении температуры масла выше допустимой.

Каждый трансформатор, имеющий обмотку низкого напряжения с изолированным нулём, снабжается защитным пробивным предохранителем. В случае перехода высокого напряжения на обмотку низкого напряжения предохранитель пробивается и обмотка заземляется.

Все трансформаторы мощностью 1000 *ква* и выше должны быть снабжены газовыми реле, которые быстро реагируют на повреждения в трансформаторе под влиянием газов, выделяемых в баке при местных перегревах масла. Все трансформаторы, кроме маломощных, защищаются от повреждения большими токами релейной защитой, воздействующей на отключение. Маломощные трансформаторы защищаются только предохранителями. Для внутрицеховых трансформаторов газовая защита должна устанавливаться, начиная с 320 *ква* и выше.

Трансформатор, поставленный в нормальные условия работы, требует небольшого ухода, заключающегося в периодической проверке степени нагрева трансформатора и испытании качества масла, залитого в кожух. Кроме того, один раз в пять — семь лет производится полная ревизия трансформатора с выемкой его из бака. Перегрев исправного трансформатора происходит из-за перегрузки или недостаточной вентиляции камеры. Если перегрев наблюдается при отсутствии этих явлений, то причину его следует искать внутри трансформатора. В этом случае нагрев может вызываться большими потерями в сердечнике из-за короткого замыкания между его листами или между стяжными болтами, замыканием части витков обмотки между собой, плохим качеством масла, сыростью сердечника и обмотки.

Сильное гудение трансформатора объясняется плохой сборкой и затяжкой ярма и сердечников. У вновь смонтированных трансформаторов в первые 4 месяца следует обязательно взять вторую пробу масла (первую берут при установке). В случае обнаружения пониженной изоляции необходимо просушить масло. Плохое качество масла приводит не только к пробоям внутри кожуха, но и к осаждению на обмотках осадка (шлама), ухудшающего теплоотдачу обмоток и повреждающего их изоляцию из-за наступающего распада ткани. В результате старения масло приобретает кислотность и может действовать разрушительно на изоляцию. Сама по себе изоляция обмоток также теряет свои свойства под влиянием температуры. Под воздействием высокой температуры изоляция становится сухой и хрупкой и резко падает её стойкость по отношению к механическим воздействиям.

Срок службы трансформатора зависит от температуры, при которой он работает. По имеющимся наблюдениям повышение рабочей температуры трансформатора на каждые 8° сокращает срок службы изоляции вдвое. Согласно расчётам трансформатор, установленный на открытом воздухе в районе Москвы и нагруженный постоянно на полную мощность, имеет срок службы 16 лет. Средний срок службы может быть определён в 18—20 лет. Если трансформатор работает с систематической недогрузкой, этот срок удлиняется. Учитывая изменение температуры по сезонам года, можно допускать различное значение предельной нагрузки трансформатора. Трансформатор в случае необходимости может выдерживать значительные кратковременные перегрузки.

В табл. X.1 показаны данные допустимых аварийных перегрузок для трансформаторов МТЗ.

Таблица X.1

Допустимые аварийные перегрузки для трансформаторов МТЗ

Нагрузка в долях от номинальной	Допустимая длительность перегрузки					
	для открытых установок			для закрытых установок		
	час.	мин.	сек.	час.	мин.	сек.
1,3	2	—	—	1	—	—
1,6	—	30	—	—	15	—
1,75	—	15	—	—	8	—
2,0	—	7,5	—	—	4	—
2,4	—	3,5	—	—	2	—
3,0	—	1	40	—	—	50

Наблюдение за ходом изменения температуры трансформаторов является одним из важных мероприятий, проводимых эксплуатационным штатом. Работающие трансформаторы должны систематически подвергаться осмотру с записью температуры. Периодичность осмотров устанавливается в зависимости от категорий трансформаторов. Главные повысительные и понизительные трансформаторы должны осматриваться ежедневно каждой сменой. В жаркое время года число осмотров следует увеличить. Анодные и модуляционные трансформаторы можно осматривать один раз в 2—3 суток и обязательно после обратных зажиганий в выпрямительных устройствах. Трансформаторы силовые и осветительные, имеющие некоторый запас по мощности, можно осматривать один раз в 10 дней. Для определения степени их нагрева желательно устанавливать у них максимальные термометры, по-

казывающие максимальную температуру, имевшую место между двумя осмотрами.

При осмотре трансформатора обращают внимание на уровень и цвет масла в расширителе, состояние изоляторов, отсутствие на них грязи или трещин. Прослушивают работу трансформатора на отсутствие каких-либо дополнительных звуков, указывающих на возможные нарушения внутри трансформатора. Проверяют, нет ли течи масла через неплотности в кранах или в местах уплотнений, проверяют состояние пробивного предохранителя и ошиновки трансформатора. Осматривают также и помещение, проверяют целость замков, остекления, отсутствие течи и т. д.

Кроме периодического общего осмотра, проводится и более подробный текущий плановый осмотр. При этом осмотре трансформатор выключается полностью с выводом в ремонт. При плановом осмотре проверяют сопротивление изоляции обмоток и сравнивают его с ранее измеренным. Производят общий наружный осмотр и устраняют обнаруженные дефекты, подтягивают уплотнения, устраняют течь, проверяют маслоуказатель; спускают грязь из расширителя и доливают в него новое масло, если это необходимо. Проверяют целость пробивного предохранителя и заземление кожуха трансформатора. Производят общую чистку оборудования и помещения и составляют ведомость дефектов, устраняемых при очередной ревизии.

По существующим правилам все вновь устанавливаемые трансформаторы требуют обязательного проведения внутренней ревизии с выемкой сердечника из бака, так как во время транспортировки могли произойти внутренние повреждения. Такой же ревизии периодически подвергаются и эксплуатируемые трансформаторы. Периодичность ревизии устанавливается в зависимости от мощности и сложности схемы трансформатора. Трансформаторы, несущие малоответственную нагрузку, проверяются один раз в 10—12 лет. Основные трансформаторы радиоцентра — силовые, анодные, модуляционные—должны проверяться один раз в 5—7 лет.

Специальные трансформаторы, имеющие внутри кожуха элементы ручной или автоматической коммутации, используемой каждодневно, требуют значительно более частого осмотра. Особенного внимания требуют трансформаторы выпрямительных установок из-за обратных зажиганий в выпрямителях. Московский трансформаторный завод разработал для мощных выпрямительных установок специальную серию трансформаторов с усиленным креплением обмоток.

Для производства ревизии выбирают сухое время года. Сердечник трансформатора при помощи талей вынимают из бака и щёткой очищают обмотку от накопившихся осадков. Затем об-

мотки обмывают чистым маслом, кожух также очищают от грязи и промывают тёплым маслом. После этого проверяют все соединения и прочность крепления обмоток.

Обмотки трансформатора по сравнению с другими его деталями повреждаются наиболее часто. От сильных толчков нагрузки крепления ослабевают, а от действия температуры изоляция теряет механическую прочность. Периодические осмотры трансформаторов позволяют во-время обнаружить и устранить повреждение в начальной его стадии.

После осмотра сердечник опускают в бак и заливают чистым профильтрованным маслом.

При ревизии трансформаторов нельзя класть инструмент, гайки, болты и т. п. на обмотки и сердечник трансформатора, так как это часто приводит к их падению и застреванию внутри бака, что позже может вызвать короткое замыкание.

Ревизия трансформаторов производится ранее установленного срока, если имеются указания на ненормальности в их работе или произошло короткое замыкание в сети и т. д.

Аварийный ремонт трансформатора производится или по явным признакам неисправности (обрыв обмоток, короткое замыкание, срабатывание защиты при включении и т. д.), или по косвенным признакам, как например, неодинаковое колеблющееся напряжение на фазах, гул и потрескивание внутри трансформатора, ненормальный его нагрев, резкое ухудшение качества или выброс масла из расширителя, появление течи масла и др.

Наиболее частое повреждение обмоток вызывается замыканием витков между собой, что ведёт к перегреву отдельных секций. Бывают также случаи пробоя изоляции на корпус.

Причиной витковых замыканий, кроме износа трансформатора, может быть обнажение обмотки при утечке масла или сдвиг обмоток от больших динамических усилий, возникающих при включении или при коротких замыканиях в сети. Сдвиг обмоток может произойти сразу или постепенно в процессе эксплуатации.

Особенностью виткового замыкания является небольшое в общем случае возрастание тока трансформатора. Витковое замыкание иногда обнаруживается только через 10—20 дней после его образования. Так как максимальная защита может не обнаружить замыкания, то главную роль играет газовая защита, реагирующая на газы, образующиеся от продуктов распада изоляции в месте её сильного перегрева.

Наличие замыкания на корпус обнаруживается при испытании меггером. В редких случаях приходится прибегать к испытанию более высоким напряжением. При коротком замыкании у трансформаторов с заземлённой нейтралью обычно срабатывают оба вида защиты — максимальная и газовая. Иногда имеет место обрыв фазы вследствие перегрева и обгорания выводов обмотки.

Перекрытие вводов трансформатора происходит из-за их загрязнения или наличия трещин на изоляторах, а также при больших перенапряжениях, особенно на выпрямительных установках. Иногда в трансформаторе появляются коротко замкнутые контуры в сердечнике, приводящие к сильному перегреву масла. Это повреждение обнаруживается работой газовой защиты. При внезапном срабатывании защиты трансформатора персонал должен в первую очередь включить резервный трансформатор, а затем выяснить причину отключения. При отсутствии резервного трансформатора, если причина выключения не связана с самим трансформатором, он может быть включён повторно.

Следует учитывать, что повторное включение повреждённого трансформатора под напряжением вызывает резкое увеличение объёма повреждений и затрудняет последующий ремонт. С другой стороны, в условиях эксплуатации анодных трансформаторов срабатывание защиты не представляет собой редкого явления и всякая задержка с повторным включением вызывает удлинение технической остановки. Местные правила эксплуатации должны определить действия персонала. Во всяком случае, при отсутствии резерва всякое повторное включение следует производить, внимательно следя за показаниями приборов, и немедленно выключать трансформатор при обнаружении неисправности.

Для измерения изоляции обмоток применяют высоковольтные мегомметры на напряжение в 1000—2500 *в*. Вращение ручки производят равномерно в продолжение 40—60 секунд. Проверка производится на сопротивление каждой обмотки относительно корпуса и обмоток между собой. Величина сопротивления не нормирована и сравнивается с величинами, полученными при измерениях на заводе или при установке. Если сопротивление изоляции упало больше чем на 30%, состояние её признаётся неудовлетворительным. Измерение мегомметром может обнаружить низкую изоляцию обмоток, обрыв или отсутствие цепи и плохой контакт. Следует записывать условия измерений — температуру масла и нагрузку трансформатора. При 40° средние значения сопротивления составляют 80—100 *мгом* для трансформаторов, находящихся в эксплуатации.

Силовые трансформаторы мощностью в 560 *ква* и выше испытываются повышенным напряжением переменного тока. Испытанию подвергаются трансформаторы в холодном состоянии, впервые устанавливаемые в эксплуатацию на данном объекте, и трансформаторы, прошедшие капитальный ремонт. Каждая обмотка испытывается отдельно. Напряжение повышается плавно; длительность приложения испытательного напряжения — одна минута. Значения испытательного напряжения указаны в табл. X.2.

Таблица X.2

Испытательное напряжение для трансформаторов

Номинальное напряжение обмоток, *кв*	3	6	10	20	35
Испытательное напряжение, *кв*	$\frac{13}{8,5}$	$\frac{19}{10}$	$\frac{26}{16}$	$\frac{41}{30}$	$\frac{64}{53}$

В знаменателе второй строки этой таблицы показана величина испытательного напряжения для импортных и отечественных трансформаторов, выпущенных до 1936 г.

Кроме испытания обмоток трансформатора повышенным напряжением, измеряют мостом тангенс угла потерь вводов и обмоток при номинальном напряжении, но не выше 10 *кв*.

X.4. Эксплуатация вращающихся агрегатов

Чистота в машинном помещении является важнейшим показателем хорошего ухода за машинами.

Генераторные залы должны быть чистыми и светлыми. Полы следует покрывать метлахской плиткой. При наличии пыли вне здания окна следует держать закрытыми. Каждая машина должна регулярно очищаться от пыли. Для этой цели пользуются мехами или пылесосом. После очистки машину и коллектор необходимо протереть полотняными тряпками. Удобно применять также длинные мягкие щётки и кисти.

Смазочное масло не должно растекаться по фундаменту и машине, т. к. масло портит изоляцию обмоток и вызывает искрение щёток. Маслёнки должны всегда храниться в определённом месте и содержаться в чистоте.

Правильно установленная и отрегулированная машина работает под полной нагрузкой почти бесшумно. На коллекторе не наблюдается искрения, подшипники остаются чуть тёплыми.

Неисправность машины характеризуется: нагревом подшипников и кожуха или части его; сильным искрением на коллекторе и следами его обгорания; дрожанием станины машины и стуком.

Причину повреждения установить иногда бывает трудно. В сомнительных случаях лучше вызвать опытных специалистов.

Причинами нагрева подшипников могут быть: 1) неправильная установка машины. В этом случае вал машины провёртывается очень туго, будучи зажат одним или обоими подшипниками; 2) загрязнение подшипника песчаной пылью, частицами металла и т. п.; 3) заедание смазывающего кольца, засорение канавок, подводящих масло, или недостаточная смазка из-за слишком густого или слишком жидкого масла.

Для устранения нагрева следует проверить правильность установки машины, правильно установить вкладыши, удалить старое масло и промыть подшипники керосином или бензином, после чего залить новым маслом.

Если машина сильно запущена и вал якоря получил царапины, его следует предварительно отшлифовать; если сильно износились сами вкладыши, их следует перезалить.

Внешним признаком нагрева коллектора и щёток может служить сильное потемнение цвета коллектора. Причина нагрева чаще всего заключается в неправильном выборе сорта щёток или в излишне сильном нажиме щёток на коллектор. На радиостанции необходимо иметь в резерве несколько комплектов щёток, рекомендованных заводом-поставщиком.

Равномерный нагрев обмоток якоря может произойти от перегрузки машины. Если нагрев имеет местный характер, то причиной его может явиться пробой одной из секций или короткое замыкание двух смежных пластин на коллекторе. Часто при этом машина не самовозбуждается, но, будучи возбуждена от постороннего источника, даёт напряжение.

Замыкание или пробой изоляции одной из секций якоря требует перемотки якоря. Иногда пониженная изоляция может быть устранена тщательной просушкой машины.

Если имеется посторонний источник постоянного тока, например резервный агрегат, сушку производят током короткого замыкания. Для этой цели составляют последовательную замкнутую цепь: якорь машины, дополнительные полюса, предохранитель, амперметр.

Последовательная обмотка, если она есть, отключается, чтобы машина не самовозбудилась. Через шунтовую обмотку пропускают постоянный ток от постороннего источника, включая последовательно с обмоткой большое сопротивление. Регулируя величину сопротивления, устанавливают по амперметру в цепи якоря такой ток, чтобы максимальная температура машины в наиболее горячем месте не превышала 75—85°.

Щётки машин должны быть сдвинуты так, чтобы не было искрения.

Переход тока между двумя подвижными поверхностями на коллекторе сопровождается непрерывным изменением переходного контакта из-за неровностей щёток и самого коллектора.

При движении коллектора ток передаётся от него к щёткам различными путями: непосредственно через контакт при плотном прилегании щётки; через электролиз, возникающий при небольшом отходе щётки, вследствие наличия влаги в зазоре; через вольтову дугу, при увеличении промежутка между щёткой и коллектором. Под влиянием электролиза поверхность положительных щёток разрушается, создавая на коллекторе слой окислов.

Качество и толщина этого слоя имеют большое значение для хорошей работы коллектора.

Жёсткие щётки образуют на поверхности коллектора тонкий слой, мягкие — покрывают коллектор более густым слоем. Для равномерного образования слоя на коллекторе щётки устанавливают вразбежку так, чтобы они располагались со сдвигом, не образуя на коллекторе одной общей дорожки.

Одной из причин искрения на коллекторе может быть также неправильный выбор типа щёток или плохое их крепление. Все щётки должны быть одного типа, в противном случае, одни из них будут перегружаться за счёт недогрузки других. Щётки не должны быть ни слишком мягкими, ни слишком жёсткими. Новую щётку следует тщательно пришлифовать к окружности коллектора так, чтобы она плотно прилегала. Для этого на коллектор накладывается стеклянная бумага рабочей поверхностью вверх и протягивается под щётками в направлении движения машины. Пришлифовка производится при нормальном нажиме щёткодержателя.

По окончании шлифовки тщательно удаляют всю пыль, протирают коллектор, затем пускают машину вхолостую, дав щёткам возможность приработаться. Если нажим щёток мал, его усиливают завёртыванием гайки нажимной пружины.

Если искрение продолжается, несмотря на хорошую подгонку щёток, следует проверить правильность установки щёток на нейтраль. Для этого освобождают закрепляющий винт, медленно вращают под загрузкой щёткодержатель по направлению движения и наблюдают за характером искрения. Неправильность установки характеризуется искрением под всеми щётками сразу.

В некоторых случаях причиной искрения являются обгоревшие места на коллекторе. Тогда необходимо, остановив машину, тщательно отшлифовать коллектор до полного устранения пострадавших, выгоревших мест. Для шлифовки изготовляют специальный деревянный шаблон, точно подогнанный под окружность коллектора. На выгнутую поверхность накладывают стеклянную бумагу и шлифуют коллектор. Окончательную доводку выполняют полировкой с добавлением вазелина. Шлифовка от руки без шаблона приводит к неравномерному износу коллектора, после чего его приходится обтачивать.

Наждачную бумагу для шлифовки не применяют, так как в наждаке попадаются проводящие зёрна, замыкающие собой отдельные пластины коллектора. В тех случаях, когда коллектор износился, обгорел, имеет неровную поверхность и т. п., его перетачивают.

Иногда искрение вызывается выступающей из пазов коллектора слюдой. В этом случае следует тщательно вычистить всю слюду полотном ножовки из коллектора на глубину около 1 *мм*,

так как оставшиеся возле пластин остроконечные края слюды вскоре вновь выступят на поверхность.

Во время этой операции коллектор может быть поцарапан. Поэтому по окончании чистки пазов его шлифуют стеклянной бумагой.

В условиях нормальной эксплуатации, если не наблюдается искрения, нет необходимости в ежедневной чистке коллектора до блеска, как это применялось ранее. Достаточно обтирать его для удаления пыли. По истечении некоторого времени коллектор приобретает тёмную полированную поверхность красно-коричневого или чёрно-красного цвета. Грязный замасленный коллектор является часто единственной причиной невозбуждения машины.

Очень важно для нормальной работы машины равномерное давление щёток. Перегруженные щётки искрят, разбрасывая сверкающие кусочки угля, и перегреваются. Признаком перегрузки щётки может явиться также сильный перегрев её соединительного проводничка. Неисправную щётку можно обнаружить наощупь по нагреву.

Дрожание и стук машины свидетельствуют о неправильной её установке или об износе подшипников. Это легко определить путём «выслушивания» через длинный брусок дерева, прикладываемый одним концом к исследуемому месту машины, а другим к уху. Дрожание устраняется проверкой правильности установки машины, подтягиванием ослабевших болтов и т. п. Стук может произойти ещё и потому, что якорь вследствие износа подшипников задевает полюсные башмаки. В таком случае в подшипниках следует заменить вкладыши и перелить их заново.

Пробный пуск машины производится после окончательного затвердения фундамента и закрепления болтов. Перед первым пуском машину очищают от грязи, пыли, удаляют случайно попавшие посторонние предметы, продувают машину пылесосом или мехами, промывают подшипники керосином или бензином и заполняют их чистым маслом. Для полной чистоты спускают некоторую часть свежезалитого масла через спускное отверстие. Масло заливают до переполнения. Излишек стекает через имеющиеся у подшипников отверстия.

При вращении якоря машины проверяют движение смазочных колец, чистоту шлифовки коллектора, подгонку и нажим щёток. Вращая якорь от руки, убеждаются в свободном его движении.

Далее включают машину при пониженном напряжении без нагрузки и дают приработаться щёткам. Затем постепенно повышают напряжение машины до нормального и увеличивают нагрузку. Под полной нагрузкой машину испытывают в течение нескольких часов, наблюдая за состоянием отдельных её частей. В случае замеченной неисправности немедленно снимают нагрузку и устраняют неисправность. Если машина работает нор-

мально, то по окончании испытания снимают нагрузку и протирают тряпкой коллектор.

X.5. Фильтровые конденсаторы

Сглаживающие фильтры выпрямительных установок составляются обычно из отдельных конденсаторов ёмкостью по 2 *мкф*.

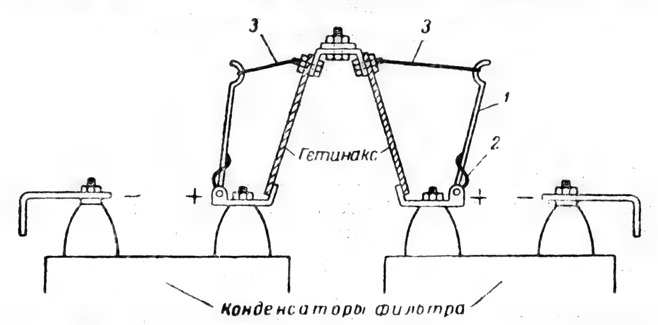


Рис. X.7. Схема подключения фильтровых конденсаторов

Параллельное включение большого числа конденсаторов может вызвать длительную техническую остановку, так как пробившийся от перенапряжения конденсатор не будет выявлен сразу. Перенапряжения в цепи фильтра возникают при включениях и резких отключениях выпрямителя под полной нагрузкой. Поэтому принято подключать конденсаторы к общей плюсовой схеме через отдельные предохранители (рис. X.7). При пробое конденсатора через него идёт большой ток. Предохранитель *3* сгорает, и рычажок *1* под влиянием пружины *2* падает, растягивая дугу и закорачивая повреждённый конденсатор.

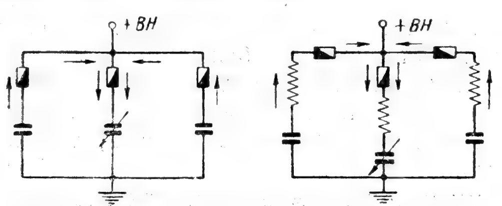


Рис. X.8. Схема прохождения токов при пробое конденсатора

Однако одного этого мероприятия недостаточно. Необходимо подключать в цепь каждого конденсатора сопротивления. При отсутствии сопротивлений в момент пробоя одного из конденсаторов через место повреждения идёт ток короткого замыкания и ток разряда всех остальных конденсаторов (рис. X.8). Ток корот-

кого замыкания разрывается общим анодным автоматом, а токи разряда, протекая через индивидуальные предохранители, пережигают их. В итоге персонал не может отличить повреждённый конденсатор от соседних, имеющих также сгоревшие предохранители. Включение сопротивлений позволяет избежать массового сгорания предохранителей. При пробое одного из конденсаторов ток разряда соседних конденсаторов вынужден пройти через ограничивающие его сопротивления, и сгорает только предохранитель у повреждённого конденсатора, в цепи которого ток значительно больше. Величину сопротивления берут равной нескольким омам.

X.6. Масляное хозяйство

Чем больше количество и мощность установленных на радиоцентре трансформаторов и масляных выключателей, тем больше приходится уделять внимания правильной организации масляного хозяйства. Масло, заливаемое в трансформаторы и масляные выключатели, должно очищаться и испытываться на пробой.

На небольших радиостанциях нецелесообразно иметь собственные испытательные и сушильные аппараты для масла. Достаточно в установленные сроки брать пробы масла из трансформаторов и масляных выключателей и отсылать их на ближайшую электростанцию, с которой должен быть заключён договор на проведение испытаний по установленному графику и, в случае необходимости, на очистку масла.

На крупных предприятиях оборудуется специальная трансформаторная мастерская с отделом испытания и очистки масел. Мастерская должна быть снабжена подъёмными приспособлениями для выемки сердечника трансформатора из бака и иметь помещение для хранения масла и маслоочистительных аппаратов.

При больших количествах хранимого масла баки выносят за пределы помещения на открытый воздух. Обычно устанавливаются три бака: для вновь прибывающего масла, для грязного, сливаемого из аппаратов, и для чистого, высушенного. Соединение баков с аппаратами производится преимущественно съёмными гибкими металлическими шлангами, так как постоянный трубопровод может загрязнять масло из-за образуемого в нём осадка. Поэтому перед применением как гибких шлангов, так и неподвижных трубопроводов, их необходимо промывать маслом, сливая его в отдельный резервуар.

Задачей трансформаторной мастерской является периодическая и аварийная ревизия трансформаторов, приёмка свежего масла, сушка и очистка работающего масла и его испытание.

Масло в трансформаторах и масляных выключателях быстро меняет свои свойства, и качество его ухудшается при нарушении нормальной работы этих устройств.

Так, при перегрузке трансформатора масло нагревается и изоляционные качества его падают. Местный нагрев трансформатора вызывает крекинг-процесс и резкое падение температуры вспышки масла до 50—60°Ц. Пробой внутри трансформатора ведёт к появлению в масле углерода и т. д. Под влиянием кислорода и влаги, находящейся в воздухе, масло окисляется и увлажняется. Окислившееся (состарившееся) сверх нормы масло непригодно для дальнейшей работы в трансформаторе, так как кислота разрушает изоляцию обмоток и вызывает коррозию металла. Увлажнение масла резко снижает его диэлектрическую прочность. Кислое масло обычно не восстанавливается на радиоцентрах, так как это требует сложного оборудования. Разработанные более простые методы не получили ещё достаточного распространения. Поэтому трансформаторное масло, имеющее признаки старения и кислотную реакцию, заменяется новым, а испорченное передаётся на восстановление в специальные мастерские.

Для продления срока работы и предохранения масла от старения необходимо уменьшить его соприкосновение с окружающим воздухом. Для этой цели служат устанавливаемые на трансформаторах расширители. Кроме того, стремятся понизить температуру масла в аппаратах до 65—70°Ц и иногда устанавливают дополнительные фильтры, поглощающие влагу и кислород из воздуха, поступающего в трансформатор.

В результате старения из масла выпадают осадки — шлам, оседающие на приборах и разрушающие изоляцию. Старение масла происходит быстрее с повышением температуры. Предельной температурой является 95°Ц, но в эксплуатации не следует повышать температуру свыше 85°Ц.

При понижении электрической прочности масла против установленных норм и обнаружении в нём механических примесей, шлама и угля, масло подвергают очистке при помощи фильтрации или центрифугирования.

Нормы на трансформаторное масло разделяются на более жёсткие, применяемые к чистому, новому или восстановленному маслу, и облегчённые — для эксплуатационного масла, залитого в аппаратуру.

Действующие нормы на трансформаторное масло приведены в табл. X.3.

Масло, не удовлетворяющее указанным нормам, подлежит замене или очистке. В тех случаях, когда содержание органических кислот в масле повышается и нет возможности заменить его, допускается эксплуатация такого масла с содержанием органических кислот до 0,6 *мг* KOH.

Испытание масла производится как перед заливкой в аппаратуру, так и позже, при эксплуатации, через определённые промежутки времени. Для этой цели на каждой радиостанции состав-

Таблица X.3

Показатели для свежего и эксплуатационного масла

№ пп.	Физико-химические свойства	Чистое сухое масло	Эксплуатационное масло
1	Удельный вес при 20°—40°, не более	0,895	—
2	Вязкость при 50° по Энглеру, не более	1,8	2,0
3	Вязкость при 20°, не более	5,0	—
4	Температура вспышки в °Ц, не ниже	135	135
5	Температура застывания в °Ц, не выше	—35	—
6	Наличие механических примесей	Отсутствие	
7	Содержание взвешенного угля	Отсутствие	
8	Зольность в %, не более	0,005	0,01
9	Наличие активной серы	Отсутствие	
10	Содержание органических кислот (кислотное число в *мг* KOH) на 1 *г* масла	0,05	0,4
11	Натровая проба с подкислением в баллах, не более	2	—
1	Стабильность		
	а) содержание органических кислот после искусственного старения (в *мг* KOH) на 1 *г* масла	0,35	—
	б) содержание осадков после искусственного старения в %	0,1	—
13	Электрическая прочность в *кв*		
	а) для трансформаторов 35 *кв* и выше	40	35
	б) для трансформаторов 6—20 *кв*	30	25
	в) для трансформаторов ниже 6 *кв*	25	20
14	Наличие водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	
15	Содержание воды	Отсутствие	
16	Прозрачность при +5°Ц	Прозрачно	

Примечания 1. Для трансформаторного масла с присадками допускается зольность не более 0,007%.

2. Падение температуры вспышки более чем на 5°Ц против первоначальных данных указывает на наличие дефекта в трансформаторе.

ляют таблицу наличия всех маслонаполненных аппаратов: трансформаторов, маслеников, реостатов и т. п. с расписанием сроков проведения испытаний. Сюда же записываются полученные результаты, что позволяет вести регулярное наблюдение за состоянием масла.

Пробы масла забираются из спускных кранов баков. При взятии пробы масла необходимо предохранить её от засорения, поэтому вначале спускают некоторое количество масла (не менее 2 *л*), чтобы промыть кран. Затем начисто обтирают кран и снова спускают немного масла. Пробу берут летом в сухую погоду, зимой — в морозную. Масло выливают в чистую, высушенную стеклянную бутыль с хорошо притёртой пробкой. Бутыль предварительно споласкивают маслом, заполняют и заливают вставленную пробку парафином. Несоблюдение этих правил ухудшает показатели при испытании масла.

На бутыли прикрепляется этикетка с указанием места, откуда взято масло. Если специальных бутылей нет, то масло заливают в обычные бутыли, но закрывают их не резиновой пробкой, а пробкой, обёрнутой в пергаментную бумагу. Затем горлышко бутыли с пробкой заливается сургучом или парафином. Бутыли с маслом, внесённые с мороза в тёплое помещение, не вскрывают, пока масло не согреется.

Если испытание масла даёт отрицательный результат, рекомендуется повторить испытание, взяв повторную пробу с принятием всех предосторожностей и с особой аккуратностью.

Сроки и виды эксплуатационных испытаний масла приведены в табл. X.4.

Таблица X.4

Сроки отбора проб масла

Тип аппарата, залитого маслом	Эксплуатационный период	Вид испытания масла	Число проб в год или в пусковой период: при 3 *кв* и ниже	при 6—10 *кв*	при 20—35 *кв*	при 110 *кв* и выше
Силовые трансформаторы	Пусковой	На пробой	1	1	1	1
		Сокращённое испытан.	1	1	1	1
	Нормальный	На пробой	1	1	1	1
		Сокращённое испытан.	1	1	1	1

Продолжение

Тип аппарата, залитого маслом	Эксплуатационный период	Вид испытания масла	Число проб в год или в пусковой период			
			при 3 *кв* и ниже	при 6—10 *кв*	при 20—35 *кв*	при 110 *кв* и выше
Измерительные трансформаторы	Пусковой	Сокращённое испытан.	—	1	1	1
	Нормальный	Сокращённое испытан.	1	1	1	1
Масляные выключатели с большим объёмом масла	Пусковой	На пробой	1	1	1	1
	Нормальный	Сокращённое испыт.	—	1	1	1
Маслонаполненные изоляторы и конденсаторы	„	„	—	—	Один раз в 1—3 года	1
Масляные реостаты	„	На пробой	1	1	—	—

Как видно из таблицы, испытания эксплуатационного масла подразделяются на испытание на пробой и на сокращённое испытание. Полный анализ по всем показателям производится только для свежего или восстановленного масла.

Испытание масла на пробой включает определение наличия механических примесей, содержания взвешенного угля, содержания воды и проверки электрической прочности. При сокращённом испытании определяется температура вспышки, наличие механических примесей, содержание взвешенного угля, содержание органических кислот (кислотное число в *мг* КОН), электрическая прочность, наличие водорастворимых кислот и щелочей и содержание воды. Определение содержания угля производится только для масляных выключателей.

Для трансформаторов мощностью ниже 100 *ква* и напряжением 10 *кв* и ниже сокращённое испытание может не производиться. В случае проведения капитального ремонта оборудования для всех маслонаполненных аппаратов должно быть выполнено сокращённое испытание масла. Пусковым периодом для всех аппаратов считается срок в 4 месяца.

Отбор проб у трансформаторов, не имеющих расширителей, полагается делать в два раза чаще, чем указано в табл. X.4. Испытание масла на пробой в масляных выключателях производится также после каждого отключения цепи с коротким замыканием.

Специальный прибор для испытания масла на пробой показан на рис. X.9.

Диаметр дисков, между которыми происходит пробой, равен 25 *мм*. Расстояние между дисками постоянно и равно 2,5 *мм*. К дискам подводится напряжение от испытательного трансформатора, имеющего устройство для плавного повышения напряжения до наступления пробоя и измеритель напряжения.

Определение содержания угля производится только качественно, по внешнему виду пробы масла.

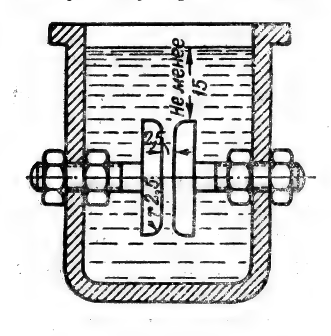


Рис. X.9. Сосуд для испытания масла на пробой

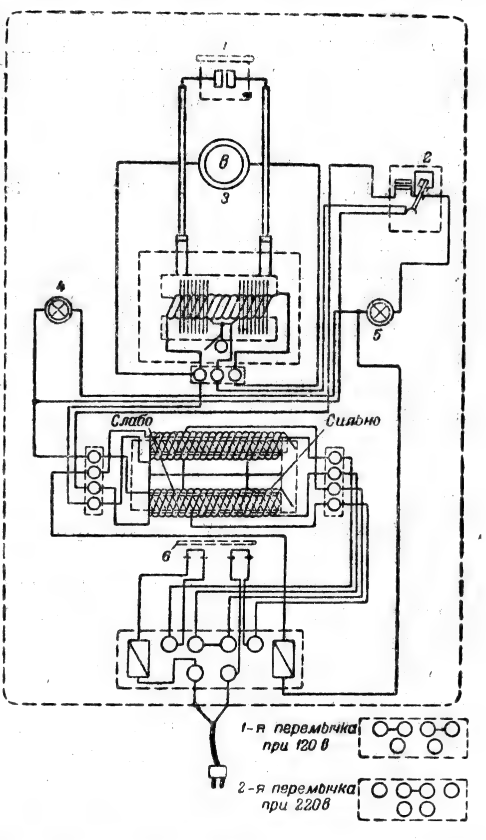


Рис. X.10. Схема аппарата для определения электрической прочности масла

Схема аппарата для определения электрической прочности масла типа ТУ-158 показана на рис. X.10, где *1* — сосуд для испытания масла, *2* — максимальный автомат, *3* — вольтметр, градуированный в *кв*, *4* — зелёная сигнальная лампа, *5* — красная сигнальная лампа, *6* — дверные контакты.

Конструктивно аппарат представляет собой передвижной шкафчик, внутри которого смонтирован повысительный трансформатор последовательно с регулируемым сопротивлением. Вверху шкафика имеется отделение, куда устанавливается сосуд с маслом. В целях безопасности отделение закрывается сверху крыш-

кой со стеклом. При снятии крышки блокировочные контакты разрывают цепь питания аппарата.

Аппарат питается от переменного тока 120 и 220*в*. Перед испытанием сосуд для масла тщательно высушивается и заполняется маслом. Пробу масла в бутыли перемешивают путём вращения, но так, чтобы не образовалось пузырьков. Сосуд с маслом помещают в аппарат, дав маслу отстояться в течение 10 минут. Затем включают прибор и медленно поднимают напряжение. При пробое в масле возникает дуга, и напряжение падает до нуля. Автомат срабатывает. Пробивное напряжение определяют по показанию прибора в момент пробоя. После этого через 5 минут повторяют испытание, поднимая напряжение вновь. Всего производят шесть пробоев. В перерывах между ними разрешается удалять из пространства между электродами пузырьки воздуха и копоть. Электрическую прочность определяют как среднее из пяти последних пробоев. Если в итоге испытаний и анализа масла установлено понижение его электрических качеств или обнаружено присутствие в нём примесей нерастворимого шлама и угля, то необходимо приступить к сушке и очистке масла.

Сушку и очистку масла производят при помощи сепараторов или фильтр-прессов. Сепаратор представляет собой центрифугу, в которой при вращении происходит отделение масла от воды и посторонних механических примесей. Сепаратор может быть собран для целей пурификации масла или его кларификации. Первый метод применяется для сильно увлажнённого масла, при этом отделённая вода и примеси непрерывно отводятся сепаратором в сторону. Второй — для масла, сильно загрязнённого примесями. При этом методе примеси остаются в сепараторе, оседая на дно и удаляются периодически при остановленном сепараторе. Очистка масла центрифугой производится при температуре масла не выше 40—50°Ц. При более высокой температуре вязкость масла уменьшается, увеличивается растворимость примесей, и это затрудняет их удаление. Сепараторы получили на наших радиостанциях преимущественное распространение в силу своей простоты и удобства в обращении с ними.

Фильтр-пресс состоит из ряда рамок с отверстиями, заложенными фильтровальной бумагой.

Загрязнённое масло, предварительно подогретое, нагнетается насосом по шлангу из кожуха трансформатора в фильтр. Масло, просачиваясь через слой бумаги, оставляет на ней грязь и воду. Фильтр-пресс хорошо очищает масло от влаги и механических примесей, но производительность его мала. При сильно загрязнённом масле необходимо часто менять бумагу, что усложняет работу. Если применяются оба способа очистки, то сначала масло пропускается через центрифугу, а затем через фильтр-пресс.

X.7. Линии электропередач высокого напряжения

Важным звеном в системе передающего радиоцентра являются линии электропередач. От надёжности их зависит бесперебойность работы передающего радиоцентра.

Для передачи электроэнергии от электростанции или подстанции к радиоцентру применяются воздушные линии электропередач напряжением 6 *кв* и 35 *кв* и кабельные линии напряжением 6 *кв*. Более высокие напряжения применяются сравнительно редко.

Преимущественное применение для питания радиоцентров получили высоковольтные линии на деревянных опорах. Металлические опоры применяются только в отдельных случаях, по требованию энергоснабжающих организаций, при выводе линии из городских районов или при проходе по территориям, где смена опор представляет затруднения. Большинство высоковольтных линий по окончании строительства передаются в ведение местных энергообъединений.

Высоковольтные линии сооружаются в одну или две цепи. Часто энергопитание радиоцентра производится от двух различных источников.

Высоковольтные линии подвергаются влиянию метеорологических условий: бурям, грозе, гололёду и т. п., нарушающим их нормальную работу. Кроме того, линия, подвергаясь частым сменам температур, изнашивается и требует периодического обновления её составных частей.

Ввиду этого высоковольтные линии оборудуются грозозащитными устройствами и аппаратурой для быстрого отключения и повторного включения линии при появлении неисправностей. Для достижения безаварийной работы организуются систематические обходы линии. Конечные точки её должны иметь взаимную связь для управления включением и отключением линии, а в случае большой её протяжённости устраиваются дополнительные монтёрские пункты, обеспечивающие быструю ликвидацию возникающих неисправностей и восстановление подачи электроэнергии.

В течение года на высоковольтной линии проводятся контрольные измерения состояния её отдельных частей и проводится ремонт или замена износившегося оборудования.

Основой хороших эксплуатационных показателей работы высоковольтных линий является высококачественное выполнение их строительства. Особенное внимание должно быть уделено приёмным испытаниям, во время которых выявляется качество строительно-монтажных работ и устраняются недоделки.

Приёмной комиссии должна быть представлена вся техническая документация: технический проект, трасса линии, расчёты

и чертежи всех сложных переходов, чертежи опор, монтажные таблицы и инвентарная опись линии.

Приёмка производится путём осмотра линии по всей длине. При осмотре проверяют соответствие натуры проекту, качество работы, глубину закопки опор (выборочно), качество пропитки древесины, провесы.

Для проверки монтажных работ монтёр подымается на ряд опор. При этом проверяются их вертикальность, затяжка болтов и бандажей, правильность установки грозовых разрядников и заземления. Проверяется также отсутствие разбитых, треснувших или загрязнённых изоляторов, тщательность сборки гирлянд, закрепление шплинтов, качество произведённых соединений проводов и т. п.

При осмотре линии проверяется соблюдение правил технической эксплуатации и техники безопасности — ширина вырубки, окопка опор при прохождении по пожароопасным местам, отсутствие строений под проводами и т. п. По окончании осмотра составляется акт, в котором перечисляются все отмеченные дефекты и указывается срок для их устранения. По устранении недоделок производится повторный обход линии, и в неё подаётся напряжение с предварительным оповещением персонала.

Электрическое испытание линии состоит в подъёме напряжения от нуля до номинальной величины, фазировке, пробной постановке линии под нагрузку и трёхкратном включении напряжения толчком. При положительных результатах испытаний линия ставится под напряжение и затем под нагрузку.

Вдоль высоковольтной линии через определённое количество пролётов устраивается заземление опор. Заземление выполняется в виде зарываемых в землю на глубину 0,5 — 0,8 *м* полос оцинкованной стали, толщиной не менее 4 *мм* и площадью поперечного сечения не менее 100 *мм*^{2}, укладываемых кольцом вокруг опоры или при помощи забиваемых в землю на глубину в 2—3 *м* газовых труб, диаметром в 1,5—2″. Газовые трубы соединяются между собой стальной лентой на глубине 0,6—0,8 *м*. Соединение труб и полос производят сваркой. Заземление опоры соединяется с защитными тросами стальными оцинкованными проводами или куском троса сечением не меньше сечения защитного троса на опоре.

Деревянные опоры, не имеющие устройств для защиты от грозовых перенапряжений, не заземляются. При работе грозозащитного оборудования или при повреждении изоляторов через провод заземления идёт ток, не безопасный при плохом заземлении для могущих оказаться около опоры людей.

Для обеспечения правильной работы разрядников качество заземления систематически проверяют. Сопротивление заземления измеряют по методу трёх земель специальным прибором,

упрощающим производство измерений. При измерении заземления присоединённого вверху к защитному тросу, последний должен быть отсоединён. Такая проверка заземления, помимо обычных проверок целости его при обходах, производится один раз в 2—3 года.

Грозовые разряды ещё недавно являлись главной причиной аварийных выключений высоковольтных линий. В настоящее время число выключений резко сократилось благодаря устройству грозозащит. Защита линий производится: подвеской заземлённых тросов, расположенных над проводами, несущими напряжение; установкой в летнее время на опорах деионных разрядников и постоянно действующих тиритовых и вилитовых разрядников на подстанциях; установкой молниеотводов — высоких заземлённых шестов, принимающих на себя грозоразряд.

Деионные разрядники устанавливаются вдоль линии выборочно, в наиболее ответственных местах, как например, при подходе к подстанциям, на местах пересечений и т. п., с точным соблюдением требуемого искрового промежутка. При обходах линии, особенно после грозы, проверяют положение разрядника и определяют, не был ли он в действии. Для этой цели разрядник имеет указатель в виде металлического кружка, отбрасываемого на землю при действии разрядника.

Хорошая работа разрядников зависит от правильной их установки и содержания в исправном состоянии при хранении.

Для обслуживания высоковольтных передач выделяется специальный персонал. Длина высоковольтных линий радиоцентров лежит обычно в пределах 10—30 *км*. При протяжении до 15 *км* обслуживающий персонал может проживать непосредственно на радиоцентре и в городе. При больших расстояниях надо иметь посредине линейный пост, оборудованный телефонной связью с радиоцентром и подстанцией и обеспеченный транспортом. Длина участка, закрепляемого за линейным постом, равна 15—20 *км* (по 7,5—10 *км* в каждую сторону). Линейный пост обслуживается обычно двумя монтёрами, живущими на территории поста. На них возлагается несение суточных дежурств и производство обходов вверенного им участка.

Кроме линейных постов, организуется монтёрский пункт на территории радиоцентра. Штат монтёрского пункта производит все ремонтные работы и обходы на прилегающем участке линии как текущие, по установленному расписанию, так и внеочередные,— после бурь, метелей или сильных гроз, а также аварийные, связанные с отключением линии.

Периодические осмотры линий при напряжении в 6 и 10 *кв* должны производиться не реже одного раза в месяц, при напряжении 35 *кв* — не реже трёх раз в месяц. Участки, проходящие по густонаселённой местности, осматриваются чаще.

Обходчик, идя вдоль трассы высоковольтной линии, непосредственно и через бинокль осматривает состояние изоляторов, проводов, арматуры, самих опор и записывает в журнал отмеченные дефекты для последующего их устранения. Осмотр производится в дневное время, но иногда дополнительно назначаются ночные обходы для определения мест коронирования и разрядов. При осмотре обращают внимание на все неисправности и, кроме того, на состояние трассы, на габариты, разросшиеся ветки деревьев, требующие удаления, и т. д. По возвращении из обхода обходчик доносит руководству о результатах осмотра. Обнаруженные мелкие неисправности, не требующие больших работ и подъёма на опору, устраняются обходчиком в процессе обхода.

При аварийных обходах используется транспорт. Особо внимательно осматривают те места, где авария наиболее вероятна. После обнаружения дефекта обходчик вызывает к месту повреждения ремонтную бригаду.

Помимо обычных периодических обходов один раз в год производится ещё верховой осмотр с подъёмом монтёров на опоры для проверки состояния линии и обнаружения дефектов, не видимых с земли. При верховом осмотре линию необходимо обесточивать.

Отмеченные при обходах и при измерениях неисправности суммируются, и на этой основе составляется план ремонта. Мелкие неисправности устраняются при первой возможности. Выполнение крупных работ приурочивается обычно к летнему времени и производится специальными бригадами.

Плановый ремонт предусматривает замену износившихся опор и частей их, замену изоляторов, отдельных частей провода, покраску металлических и пропитку деревянных опор, исправление вспомогательных сооружений, мостиков и т. д.

Ремонт производится под руководством квалифицированного лица, определяющего, какие работы могут быть выполнены при нахождении линии под напряжением и какие требуют выключения линии. Законченные работы принимаются по акту.

Выполнение отдельных видов ремонтных работ приурочивается к определённым сезонам года: весной устанавливают грозовые разрядники, а осенью их снимают; летом проводят расчистку оснований опор от растительности, окопку опор в зоне возможных лесных пожаров, ремонтируют дороги, мостики и т. п. Осенью подтягивают ослабевшие бандажи, болты, проверяют регулировку оттяжек, ведут замену траверс и изоляторов.

Ведение ремонтных работ значительно облегчается при наличии второй резервной линии. В этом случае ремонтные работы могут быть выполнены сначала на одной линии, а затем на второй. При наличии только одной линии необходимо очень строго

соблюдать правила безопасности по наложению на линию заземляющих проводов, выдаче разрешений на право линейных работ и т. д. Должен быть проведён инструктаж работающих на линии рабочих. Перед обратным включением линии необходимо убедиться в том, что все работающие бригады закончили работу на линии и сняли заземления с проводов.

X.8. Автоматическое повторное включение (АПВ)

Большинство высоковольтных линий снабжаются теперь устройством для автоматического повторного включения линии (сокращённо АПВ). Целесообразность применения АПВ проверена на многочисленных установках.

Защита высоковольтных линий действует при появлении на линии разряда с фазы на фазу или на землю.

Причиной разряда обычно является случайное возникновение дуги, например, при закорачивании линий птицами или падающей ветвью дерева, а также при грозовом ударе. Все эти причины не повреждают самой линии. Птица или ветка обгорает и падает на землю. Грозовой разряд, разрядившись на землю, не вызывает повторного пробоя при включении линии. Поэтому при срабатывании защиты и отключении высоковольтной линии принято немедленно, не выясняя причины, включать её обратно. Для этой цели и применяют систему АПВ.

Обратное включение должно произойти возможно быстрее, при этом пауза должна быть по длительности достаточной для деионизации воздуха в месте возникновения пробоя. Но практически действие современных органов управления маслеников и реле таково, что обычно включение может производиться немедленно, без выдержки времени.

Кроме однократной аппаратуры АПВ, иногда применяется аппаратура многократного действия. В этом случае, если после повторного включения снова произошло отключение, аппаратура многократного действия опять включает линию. Однако система однократного повторного включения является достаточной для ликвидации перерывов в подаче электроэнергии и применяется на большинстве линий. Применение многократных АПВ, усложняя схему, не даёт заметных преимуществ.

Аппаратура АПВ устанавливается постоянно на весь год, а не только на время грозового периода. Системы АПВ бывают механические и электрические. Механические применяются там, где высоковольтная подстанция оборудована ручным приводом типа КАМ. При ручном приводе для включения масленика поворачивают штурвал до отказа направо, сжимая пружину масленика и производя включение контактов. Для отключения штурвал должен быть повёрнут против часовой стрелки.

При механическом АПВ к приводу КАМ приделывается специальный механизм, снабжённый грузом или пружиной. Общий вид грузового устройства показан на рис. X.11. В механизме используется энергия падающего груза. Если масленик включён, груз находится в поднятом положении. При выключении масленика специальное устройство освобождает груз, который, падая, включает масленик снова, воздействуя на сегмент, сидящий на валу привода и поворачивающийся от веса груза. После однократного действия его необходимо завести вновь. Это достигается вращением штурвала в обратном направлении.

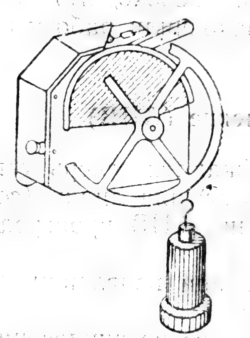


Рис. X.11. Устройство грузового АПВ

На рис. X.12 приведена схема электрического устройства АПВ однократного действия с ручным возвратом.

В схеме применено промежуточное реле *1* и реле времени *2*. Реле *1* имеет специальный механизм, не допускающий повторного

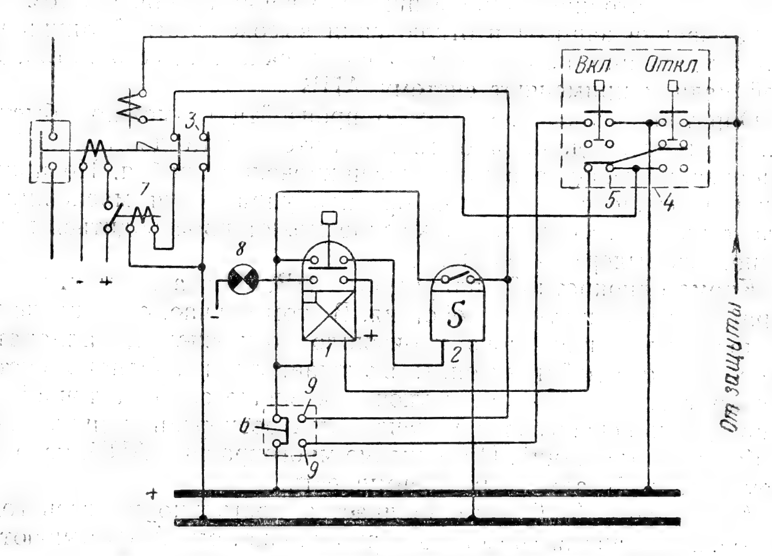


Рис. X.12. Схема электрического устройства АПВ

срабатывания до тех пор, пока нажатием кнопки оно не будет возвращено в первоначальное нормальное положение. Благодаря этому механизму обеспечивается однократное действие АПВ. Реле *1* имеет две пары контактов: верхние и нижние. Первона-

чально, когда ток через катушку реле не протекает, обе пары контактов разомкнуты. При срабатывании реле и протекании тока через катушку замыкаются верхние контакты. После прекращения тока замыкаются нижние контакты. Обратно в первоначальное положение контакты приводятся нажатием кнопки. Положение контактов на схеме рис. X.12 соответствует моменту аварийного отключения масляного выключателя. После этого замыкается цепь тока: плюс, вилка *6*, катушка реле *1* и далее через блокировочные контакты *5* кнопок управления *4* к блокировочным контактам *3* привода выключателя и минусу. Реле *1* срабатывает и замыкает свои верхние контакты. Вслед за этим срабатывает реле времени *2* и замыкает свои контакты, образуя цепь: плюс, вилка *6*, контакты реле *2*, блокировочные контакты привода, катушка промежуточного реле *7*, минус. Масляный выключатель включается обратно соленоидным приводом. После этого блокировочные контакты *3* размыкаются и прерывают протекание тока через катушки реле *1*. Верхние контакты реле *1* размыкаются, а нижние замыкаются, и загорается сигнальная лампа.

Если после действия АПВ масляный выключатель выключился снова, то АПВ не сработает из-за наличия в нём запирающего механизма.

Если выключатель выключить вручную путём нажатия кнопки *откл*, то блокировочные контакты *5* разомкнутся, разорвётся цепь катушки реле *1*, предупреждая повторное включение системой АПВ.

Для включения выключателя перед нажатием кнопки *вкл* переставляют вилку *6* в гнёзда *9*, благодаря чему АПВ выводится из работы. Включив масляный выключатель, переставляют обратно вилку *6*.

Назначением реле времени *2*, имеющего выдержку в 0,2—1 *сек*, является замедление действия системы АПВ с тем, чтобы привод выключателя и сам выключатель успели занять исходные положения до повторного включения.

Имеются также системы АПВ с одним реле — типа промежуточного, но снабжённого дополнительными приспособлениями для замыкания и размыкания вспомогательных цепей.

ГЛАВА XI

ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕГУЛИРОВКА СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

XI.1. Общие сведения

В современных передающих устройствах широко применяется автоматизация отдельных операций по включению и выключению аппаратуры, по защите от несчастных случаев персонала и защите оборудования от повреждения.

Работа аппаратуры защиты высоковольтных устройств, действующей только в редких случаях коротких замыканий, отличается от работы аппаратуры оперативных включений, используемой очень часто. Это не всегда учитывается, и в обоих случаях неправильно применяется одна и та же серийная аппаратура.

Для осуществления автоматического управления и защиты наша промышленность выпускает сотни типов реле различного назначения: реле максимальные типа РММ, РМЗ, ИТ-11, ИТ-12, ЭТ-71, ЭТ-72, ЭТ-52, ЭТ-523, ИТ-81 и др.; реле напряжения типа ЭН-76; ЭН-524, ЭН-528; реле времени типа РВ, ЭВ-181, ЭВ-202; реле газовые типа РГ и, главным образом, реле промежуточные типа ЭП-101, ЭП-401, ЭП-231, ЭП-241, РП-2, РП-2а и др., а также специальные реле, используемые исключительно в радиотехнических цепях, как например, реле сигнализации обратного зажигания в тиратронах, гидрокнопки, аэрокнопки, реле повторного включения и т. д.

Для включения и выключения используются магнитные контакторы постоянного и переменного тока КП и КТ, масляные выключатели типа ВМ и ВМГ с приводами КАМ, ПС-10, ПС-20, ПС-30Г, ПВ-1113, ПВС-1 и др. и быстродействующие выключатели постоянного тока типа С, применяемые для выключения под нагрузкой цепей постоянного тока выпрямительных устройств и генераторных ламп.

Те же выключатели типа С при некоторой реконструкции применяются для разрыва высокочастотных цепей, но при этом уменьшается или даже полностью снимается нагрузочный ток.

Для управления элементами настройки: конденсаторами, вариометрами, всякого рода коммутаторами широко применяются сервомоторы, снабжённые дополнительными устройствами для реверсирования и остановки в конечных положениях. Для дистанционного наблюдения за положением вращающегося элемента используются сельсины. Кроме того, для выполнения некоторых специальных функций, например, для стоек грозозащиты, реле вход—выход и т. д. нашли себе применение ламповые схемы.

Вся система автоматики на радиостанциях получила название УБС, что значит управление, блокировка и сигнализация.

Питание цепей автоматики может производиться переменным и постоянным током, напряжением в 12, 24, 48, 110 и 220 *в*. Типовые реле переменного тока выпускаются промышленностью на 110 и 220 *в*.

На радиостанциях питание цепей автоматики постоянным током производится от машинного агрегата или от аккумуляторной батареи. Использование аккумуляторных батарей имеет преимущество, так как при обесточивании всего центра система управления остаётся под током и все аппараты могут быть приведены в исходное рабочее положение. При питании от агрегатов нельзя быть уверенным, что с исчезновением напряжения питающей сети аппараты автоматики займут исходное положение, хотя при выключении сети агрегат и продолжает вращаться ещё некоторое время, сохраняя медленно спадающее напряжение в сети УБС.

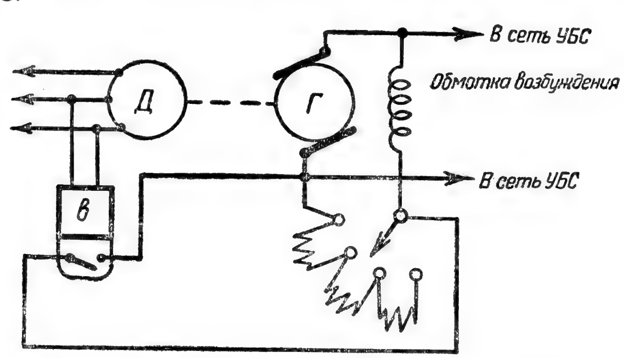


Рис. XI.1. Схема включения генератора УБС

На некоторых радиоцентрах система с агрегатами УБС всё же принята. Для повышения степени гарантии применяют схему рис. XI.1, где в цепь переменного тока включено реле минимального напряжения (*в*). Контакты реле, замыкаясь, шунтируют реостат возбуждения генератора, благодаря чему при исчезновении

в сети переменного напряжения генератор получит повышенное возбуждение. Это простое устройство значительно замедляет падение напряжения генератора и позволяет увеличить время работы аппаратов защиты до 4—10 *сек.*

Недостатком питания постоянным током является трудность обнаружения повреждений в сложных разветвлённых системах. При появлении в системе земли приходится производить деление системы на части, что в действующей сети представляет значительные затруднения. При применении переменного тока всю систему легко разбить на отдельные участки, применяя для разделения трансформаторы. На некоторых радиоцентрах применяют комбинированное питание. Распределительное устройство энергоподстанции питается током от аккумуляторной батареи, а оперативные цепи передатчиков от переменного тока. Для зарядки батареи устанавливается машинный агрегат.

XI.2. Контроль изоляции цепей УБС

В условиях эксплуатации необходимо постоянное наблюдение за состоянием изоляции цепей УБС. При появлении земли на одном из полюсов должны немедленно приниматься меры для отыскания места повреждения и его устранения. Само по себе заземление одного полюса не представляет опасности. Однако при появлении где-либо в схеме повторной земли часть системы УБС оказывается зашунтированной и могут иметь место ложные срабатывания. На схеме рис. XI.2 показано повреждение

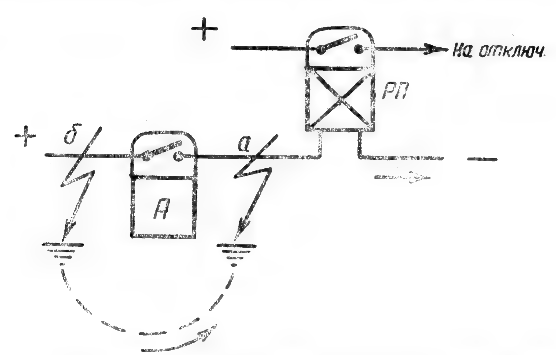


Рис. XI.2. Схема прохождения тока при заземлении системы УБС

в точке *а*, не производящее никакого действия. При появлении вторичной земли в точке *б* контакты максимального токового реле (*А*) шунтируются, а промежуточное реле (*РП*) получает питание и даёт ложное срабатывание.

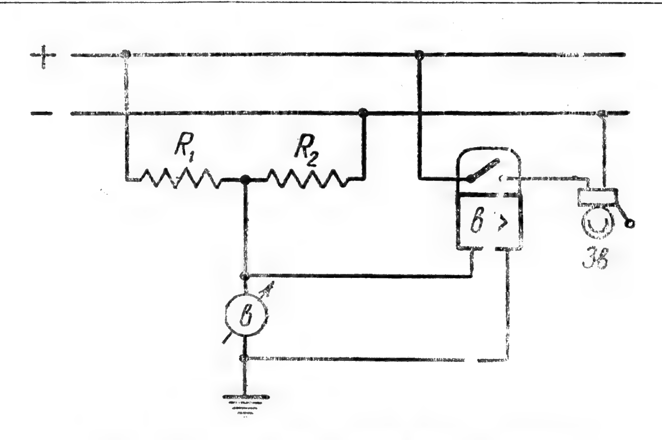


Рис. XI.3. Схема контроля системы изоляции

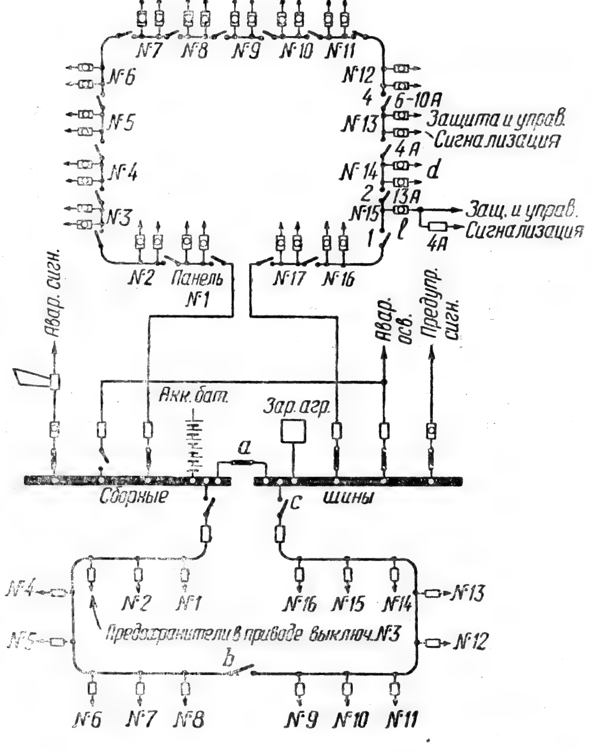


Рис. XI.4. Схема переключения цепей УБС

Для контроля системы изоляции цепей УБС применяют простую схему, показанную на рис. XI.3. Устройство состоит из двух одинаковых сопротивлений R_1 и R_2 и высокоомного вольтметра, включённого на землю и имеющего нуль посредине шкалы. Параллельно вольтметру подключено реле максимального напряжения *(в)*, воздействующее при срабатывании на электрический звонок. Если изоляция сети исправна, то напряжения на реле и на вольтметре нет и прибор показывает нуль напряжения. С ухудшением изоляции стрелка прибора отклоняется вправо или влево. При сильном ухудшении изоляции звонит звонок.

Устранение земли при постоянном токе производится постепенным отключением одной части схемы за другой, пока земля не будет найдена. Если земля появилась одновременно в двух местах, нужно обратить внимание на её полярность. При различной полярности, следя за показаниями вольтметра, легче обнаружить и разделить цепи, имеющие заземления. На рис. XI.4 приведена схема, позволяющая постепенно переключать часть элементов схемы УБС от системы, питающейся от аккумуляторной батареи, к зарядному агрегату. Переключая элементы сети, можно без перерыва в действии основных автоматов найти повреждённую цепь и устранить заземление. При переключениях следует помнить, что надо предварительно отключить реле минимального напряжения во избежание его срабатывания.

XI. 3. Испытание систем УБС

Испытание и проверка цепей защиты проводятся в зависимости от степени важности защищаемого объекта не реже одного раза в 3, 6 и 12 месяцев. При каждой проверке снимаются электрические показатели схемы и составляются протоколы испытаний.

Релейная защита силовых трансформаторов, линий передач, отдельных фидеров и установок, прекращение работы которых приводит к остановке или повреждению оборудования, проверяется в следующие сроки: один раз в год делается полная эксплуатационная проверка и один раз в год — частичная проверка, четыре раза в год производится проверка действия на отключение и, кроме того, немедленная проверка в случаях невыясненного срабатывания защиты. Аппаратура управления цепями радиопередатчиков проверяется в сроки, установленные расписанием профилактических осмотров.

Для проверки реле необходима измерительная аппаратура, состоящая из одного многошкального вольтамперметра постоянного и переменного тока, электрического или обычного секундомера, набора реостатов, трансформаторов тока и нагрузочных сопротивлений.

Применение электрического секундомера очень удобно, так как он начинает работать с момента включения питания и останавливается одновременно с действием реле. Секундомер состоит из синхронного моторчика, включаемого в сеть 110 и 220 *в* через добавочные сопротивления, входящие в состав прибора. Прибор

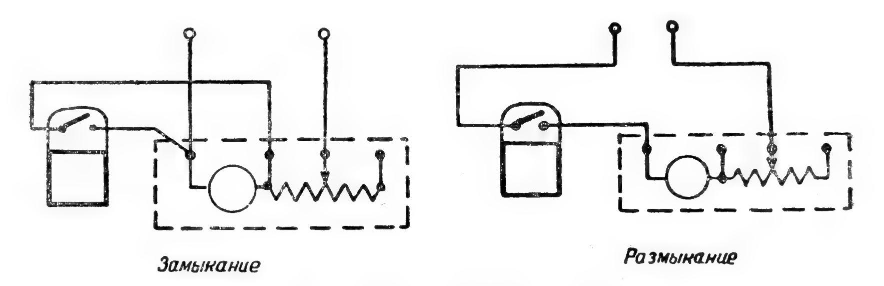


Рис. XI.5. Схема включения секундомера

имеет две стрелки — большую и малую. Большая стрелка делает один оборот в секунду и позволяет измерить время от 0,1 *сек*. Малая стрелка показывает значение целых секунд (до 10 *сек*). Показания прибора верны при питании его частотой в 50 *гц*. Если частота в сети изменилась, необходимо учитывать поправку. Схема включения секундомера для испытания реле на размыкание и замыкание показана на рис. XI.5.

Основным элементом цепей защиты являются реле, устанавливаемые с выдержкой времени. При правильной установке времени короткое замыкание в сети проходит без ущерба для прочих энергопотребителей и энергоснабжающей подстанции. Участок выключения ограничивается (локализуется) только местом непосредственного нарушения. Такое положение возможно, если схема предусматривает избирательную защиту. В первую очередь выключается масляный выключатель, расположенный по схеме наиболее близко к месту повреждения. Если он не подействовал или авария получила от перенапряжения дальнейшее развитие, выключается следующий по направлению к питающему пункту масляный выключатель.

На рис. XI.6 приведена схема избирательной защиты с четырьмя ступенями применительно к передающему центру. В действительности, часто при разветвлённых электросетях число ступеней защиты, начиная от генераторов на электростанции до потребителя, бывает больше. Поэтому там приходится применять более сложную систему защиты. В этом случае выдержка времени отключения главного масляного выключателя передающего радиоцентра равна нулю, т. е. весь радиоцентр отключается сразу при появлении в его сети короткого замыкания. Это очень не-

удобно, так как нарушает работу других передатчиков и удлиняет время ликвидации аварии, но энергоснабжающие организации ставят такие условия, исходя из интересов всей сети в целом.

Рис. XI.6. Схема избирательной защиты

На схеме рис. XI.6 главный масленик имеет время выдержки $t = 0{,}5$ *сек*, а первый масленик у анодного трансформатора имеет время выдержки $t = 0$, т. е. он отключает сразу. В действительности этого не происходит, так как необходимо некоторое время $t_в$ для того, чтобы масленик выключился. К этому времени надо добавить ещё время Δt погрешности срабатывания реле, зависящее от правильности его регулировки, причём для ступеней с выдержкой времени значение Δt может иметь как положительный, так и отрицательный знак.

Таким образом, наименьшая допустимая ступень времени защиты с независимой выдержкой времени определяется практически временем отключения масленика и погрешностью реле времени. Если учесть, что две соседние ступени защиты случайно могут иметь Δt с разными знаками, то наименьшая допустимая степень избирательности будет

$$\Delta t_{мин} = t_в + 2\,\Delta t.$$

Для обычно применяемых маслеников $t_в = 0{,}2$ *сек*, а для реле времени $\Delta t = 0{,}15$ *сек*, отсюда:

$$\Delta t_{мин} = 0{,}2 + 2 \cdot 0{,}15 = 0{,}5 \ сек.$$

Поэтому при четырёх ступенях защиты реле у первой ступени устанавливаются на непосредственное выключение, а следующие ступени регулируются на 0,5, 1 и 1,5 *сек*. Если увеличить число ступеней сверх четырёх, время отключения становится уже настолько большим, что это может повлечь за собой серьёзные нарушения энергоснабжения.

Вследствие этого при увеличении числа ступеней больше четырёх переходят к более сложным видам защиты.

Возможно также применение более быстро действующих маслеников, имеющих $t_в = 0{,}05$ *сек* и реле с $\Delta t = 0{,}02$ *сек*.

В этом случае

$$\Delta t_{мин} = 0{,}09 \text{ сек}$$

и число ступеней можно увеличить.

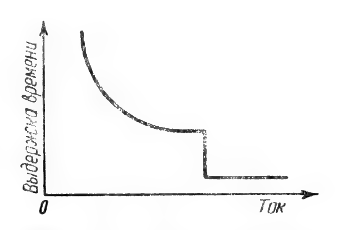


Рис. XI.7. Характеристика реле с отсечкой

Для улучшения работы системы защиты вместо максимальных токовых реле применяются реле, имеющие ограниченно зависимую выдержку времени, например типа ИТ-81 или ИТ-82. У этих реле время срабатывания зависит от величины тока короткого замыкания (рис. XI.7), а при возрастании его до некоторого установленного значения реле действует по принципу мгновенного выключения. Минимальное значение тока, при котором происходит мгновенное отключение, называется током срабатывания отсечки.

Применяя реле типа ИТ, можно установить нужные отсечки в зависимости от места включения защиты и этим создать её избирательность.

XI.4. Испытание реле

Токовое реле испытывается на установку заданного тока срабатывания и на выдержку времени. Кроме того, проверяют правильность действия механической части реле и устраняют обнаруживаемые дефекты. Испытание реле начинают с общего осмотра, затем проверяют и корректируют электрические параметры, после чего реле закрывают и пломбируют.

Вначале снимают кожух реле, предварительно очистив его от пыли. Далее при помощи бумаги и чистой ветоши очищают механизм самого реле и продувают его пылесосом или мехом. Проверяют плотность крепления винтов, гаек и контактов, лёгкость вращения поворотных дисков, отсутствие задевания, подъём грузика и т. п. Затем измеряют изоляцию токоведущих частей по отношению к корпусу и к ближайшей металлической части. Если сопротивление менее 10 *мгом,* реле подсушивают. Далее приступают к проверке шкалы и к настройке реле. Для этого собирают схему, приведённую на рис. XI.8.

Реле включается во вторичную обмотку трансформатора 120/12 *в*. Контакты реле замыкают цепь сигнальной лампы. Установив ориентировочно реостатом *R* ток срабатывания, включают напряжение и, уменьшая сопротивление, плавно увеличивают

ток в реле до момента его срабатывания, определяемого по загоранию лампы. Наименьший ток, при котором это достигается, будет током срабатывания. Затем начинают вводить реостат, плавно уменьшая ток, пока подвижная система реле не вернётся

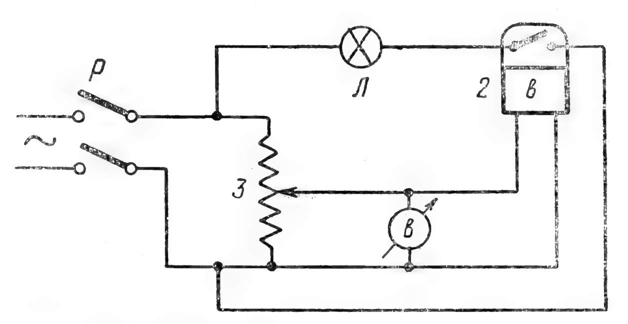


Рис. XI.8. Испытание максимального токового реле

в исходное положение. Наибольший ток, при котором реле возвращается в исходное положение, называется током возврата. Не изменяя установки по шкале, испытывают реле, подавая на него кратковременно десятикратное значение тока срабатывания, и затем вновь проверяют, сохранило ли реле измеренный ранее ток срабатывания и ток возврата. По горению лампы судят об отсутствии в реле вибрации контактов. Лампа должна гореть спокойно, без мигания.

Испытание увеличенным током делают только при наименьшей установке. Токи срабатывания и возврата проверяют по всей шкале.

При проверке индукционных реле испытание производят без трансформатора, прямо от сети 220 *в*, включая реле последовательно с реостатом. Это делают во избежание неточностей, возникающих при испытании по предыдущей схеме.

Для проверки выдержки времени собирают схему рис. XI.9, в которой электрический секундомер t может быть заменён обычным секундомером и сигнальной лампой.

Испытание производят при токах, равных 1,5 i_c, 2 i_c, 2,5 i_c, $3i_c$ и $5i_c$, где i_c — ток срабатывания, устанавливаемый по шкале реле.

Включив схему, фиксируют по амперметру значение тока, при котором хотят определить выдержку времени. Выключают рубильник и ожидают возвращения механизма реле в исходное положение. Затем включают рубильник и следят за секундомером. При электрическом секундомере ток, идущий через него, прервётся, как только реле сработает. При обычном секундомере

время срабатывания определяют, включая секундомер в момент замыкания рубильника и включая стопор секундомера в момент зажигания лампы. При этом берут среднее из трёх измерений.

Реле минимального напряжения должно сработать как только напряжение в сети упадёт ниже установленного значения. Испытание его производится по схеме, приведённой на рис. XI.10.

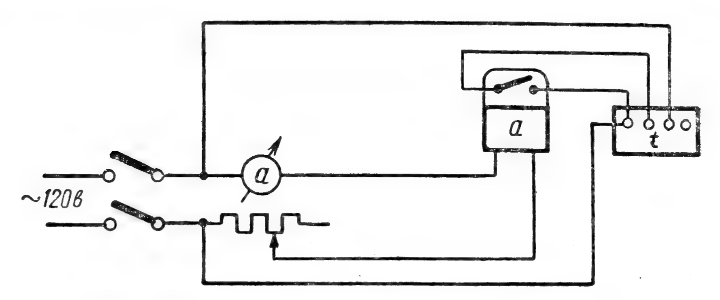


Рис. XI.9. Схема проверки выдержки времени

Установив реле на заданное значение напряжения, включают рубильник и поднимают напряжение до нормального. Затем плавно понижая напряжение, следят за моментом загорания лампы и определяют по вольтметру напряжение срабатывания. Далее понижают напряжение до нуля и плавно поднимают его до тех пор, пока реле не вернётся в исходное положение. Наименьшее напряжение, возвращающее реле в исходное положение, будет напряжением возврата.

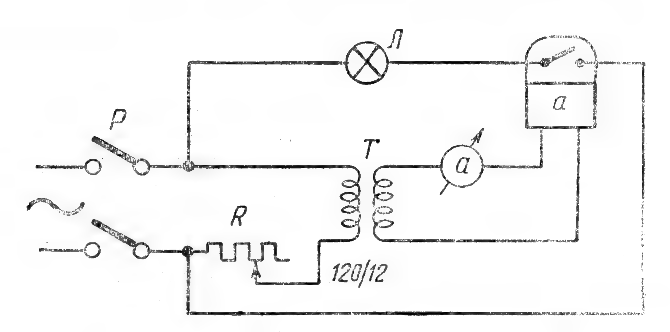


Рис. XI.10. Схема испытания реле минимального напряжения

Испытание промежуточного реле заключается в осмотре, проверке изоляции и проверке минимального напряжения срабатывания. Так как реле должно сработать от толчка тока, то испытание ведут несколько отлично от описанного ранее. Минималь-

ное напряжение определяют, устанавливая сначала какое-то значение напряжения, например, 80% от нормального, отключают рубильник и затем вновь его включают. Если реле не сработало, переходят на следующую ступень напряжения, постепенно определяя минимальное напряжение включения. Отрегулированное промежуточное реле должно уже срабатывать при напряжении ниже нормального на 20%.

Реле времени испытывается по секундомеру. Проверяется правильность действия реле при различных установках. Каждый раз производят три измерения, соблюдая максимально возможную точность при отсчётах.

Специальные реле испытываются в зависимости от назначения одним из указанных методов или путём создания специальных схем, например, схемы для испытания гидрокнопок и т. п.

На радиоцентрах широко применяется магнитный контактор. Обмотка включения контактора обтекается постоянным или переменным током в зависимости от принятого источника питания. При прекращении тока через обмотку якорь контактора отпадает от собственного веса и вызывает отключение главных контактов. Правильно отрегулированные контакторы должны включаться при напряжении питания, сниженном на 15%. Так как магнитный контактор по принципу действия обеспечивает отключение цепей при пропадании напряжения питания, то контакторы с управлением от переменного тока автоматически отключают цепи одновременно с прекращением подачи электроэнергии на радиоцентр. Однако при применении схем повторного включения отключение контактора не всегда желательно. Поэтому у некоторых контакторов, например у включающих систему УБС, у контакторов водяных насосов и т. д., целесообразно применять схему с рубильником (рис. XI.11) вместо схемы пуска и остановки кнопками. В этом случае при исчезновении питания и появлении его вновь контактор автоматически включается. Кроме того, необходимо обеспечить работу всего оборудования при временном понижении напряжения сети на 10—15%, например при толчках, вызываемых током короткого замыкания, где-то в удалённых от радиоцентра точках разветвлённой высоковольтной сети. Для получения гарантии, что вся система УБС способна сохранить свою

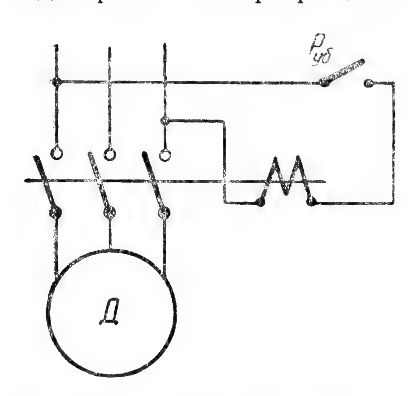


Рис. XI.11. Схема включения контакторов

работоспособность в этих условиях целесообразно проверить каждый контактор на минимальное напряжение, при котором он срабатывает, и минимальное напряжение, при котором катушка продолжает удерживать систему во включённом состоянии. Отдельно можно проверить систему в целом, понижая, например, напряжение постоянного тока зарядного агрегата УБС и питая схему непосредственно от него, минуя аккумуляторную батарею. При питании переменным током проверку можно произвести, понижая напряжение с помощью сопротивления, включаемого последовательно в цепь питания.

Хорошо отрегулированная система защиты должна выдерживать отдельные толчки и временные понижения напряжения, но должна выключать приборы при аварийных режимах.

Реле и измерительные приборы требуют к себе бережного, осторожного отношения. Они должны быть защищены от попадания в них влаги и пыли: влага, вызывая окисление механизма, разрушает его; пыль, засоряя прибор, уменьшает его точность.

Релейный щит необходимо располагать в местах, защищённых от сильных ударов, сотрясающих щит и могущих вызвать срабатывание реле.

При необходимости проведения ремонтных работ за монтёрами должен быть установлен контроль во избежание нарушения работы отдельных цепей. В повседневной эксплуатации персонал проверяет прочность крепления подводящих проводов и производит их осмотр.

Повреждение реле определяется по шуму в нём, сильному нагреву, появлению внутри прибора следов нагара.

ГЛАВА XII

ЭКСПЛУАТАЦИЯ АНТЕННЫХ СИСТЕМ

XII.1. Основные вопросы антенного хозяйства

С внедрением направленных антенн значение антенного хозяйства в общем радиотракте сильно повысилось. Если раньше высокочастотная энергия, подведённая к антенне, излучалась в пространство по всем направлениям, что с точки зрения многих видов связи являлось положительным свойством, то в настоящее время большее значение имеет излучение высокочастотной энергии в заданном направлении и под заданным углом к горизонту. Это требование, ставшее основным, усложнило антенное хозяйство.

Применение коротковолновой направленной антенны позволяет получить на приёме одинаковую силу сигнала по сравнению с ненаправленной, при значительно меньшей мощности передатчика. Кроме того, уменьшаются взаимные помехи между станциями и улучшается качество сигнала на приёме. Внедрение направленных антенн увеличило число их на радиоцентрах и потребовало разработки ряда новых конструктивных узлов в антенной системе.

В соответствии с установленным расписанием работы передатчика с различными корреспондентами к передатчику подключаются антенны различного направления. Для этой цели служит ручной или автоматически управляемый антенный коммутатор. Уменьшение числа сооружаемых антенн достигается применением так называемого реверсирования их, когда одна и та же направленная антенна может излучать энергию или в одну сторону или в обратную ей. Это осуществляется при помощи переключателя, называемого реверсом.

Применяя питание отдельных частей полотна синфазной антенны со сдвигом фазы, достигают плавного изменения направления главного луча в пределах ± 10—$12°$, что также позволяет уменьшить число антенн.

Ширина луча в направлении главного излучения антенны может изменяться с изменением числа полуволновых диполей синфазной антенны.

Этот метод может быть применён как для изменения ширины луча в горизонтальной плоскости, так и для изменения ширины луча и угла излучения в вертикальной плоскости.

Применявшиеся одно время синфазные антенны, настроенные только на одну рабочую волну, постепенно заменяются антеннами, работающими в определённом диапазоне волн. Это резко удешевляет строительство, но несколько усложняет настройку антенн и эксплуатацию антенного хозяйства.

Подвод высокочастотной энергии от передатчика к антеннам осуществляется фидерами.

Для согласования входного сопротивления антенны с волновым сопротивлением фидера применяют или проволочные экспоненциальные трансформаторы, позволяющие произвести соединение двух разных сопротивлений (например, 300 и 600 *ом*), или настраиваемые переходные устройства в виде настраивающегося отрезка фидера — шлейфа. Применяют также подключение к фидеру индуктивности или ёмкости, а иногда и колебательного контура.

Таким образом, антенное хозяйство современного коротковолнового радиоцентра включает значительное число элементов, влияющих на эффективность антенны.

Эти элементы придают антенному хозяйству гибкость и оперативность, но они же, вместе с тем, при неправильной эксплуатации таят в себе опасность нарушения или значительного ухудшения радиосвязи или радиовещания, что усугубляется непостоянством условий распространения электромагнитных волн. Сила сигнала на приёме сильно колеблется в течение суток. При наличии в приёмнике устройств автоматической регулировки силы приёма корреспондент легко относит слабую силу сигнала за счёт ухудшения условий распространения, не догадываясь о неправильной работе передающей антенны.

Это обстоятельство чрезвычайно важно. Необходимо обеспечить самый строгий контроль за правильностью положения всех органов настройки и переключений, влияющих на направление и форму главного излучаемого луча. Необходимо систематически снимать горизонтальные полярные диаграммы направленности и производить ежедневный осмотр антенных сооружений.

Крупные радиоцентры должны быть обеспечены хорошо продуманной системой автоматического контроля за направлением главного излучения каждой антенны и системой сигнализации, предупреждающей о неправильно выполненных операциях переключения антенн.

Для осуществления переключений в антенной системе и содержания в порядке всего антенного хозяйства должен выделяться специальный квалифицированный штат, хорошо понимающий сущность влияния того или иного фактора на эффективность использования антенны.

Существующие в настоящее время антенные системы крупных радиоцентров занимают значительные земельные площади, исчисляемые в десятках и сотнях га. Особенно велики антенные поля коротковолновых радиоцентров, где требование направленного излучения с переменным азимутом вызывает необходимость сооружения большого числа отдельных антенн.

В нашей практике полотна коротковолновых антенн крепятся как к деревянным, так и к стальным мачтам и к свободно стоящим стальным башням.

Наибольшее распространение на передающих радиоцентрах получили следующие типы антенн: симметричный вибратор; вибратор шунтового питания; вибратор с пониженным волновым сопротивлением; синфазная антенна; синфазная антенна для работы в смежных диапазонах; ромбические антенны одинарные и сдвоенные. На рис. XII.1 показан общий вид синфазной антенны.

Обычная синфазная антенна рассчитана по своей конструкции для работы только на одной определённой волне, но практически приходится отходить от этого принципа и работать на волнах, несколько отличающихся от расчётной волны. Для двухэтажной антенны допустимо работать в пределах $0{,}9\lambda_0$—$1{,}2\lambda_0$, для четырёхэтажной — от $0{,}95\ \lambda_0$ до $1{,}08\ \lambda_0$, где λ_0 — расчётная волна, определяемая конструктивным выполнением полотна антенны и питающих фидеров. При более значительном отклонении от λ_0 согласование питающих фидеров с диполями нарушается. Наравне с основным лучом излучения, под более высоким углом, появляется второй луч, равный первому по величине, коэффициент бегущей волны в фидере уменьшается. Всё это приводит к падению эффективности работы антенны.

Изменением системы питания можно осуществить синфазную антенну для работы в диапазоне волн.

В 1932 г. по предложению С. И. Надененко была разработана и использовалась на радиоцентрах «кратная антенна», приспособленная для работы от λ_0 до $2\ \lambda_0$.

Однако эксплуатация этих антенн не дала положительных результатов из-за плохого согласования входного сопротивления антенны с сопротивлением питающих проводов, вследствие чего в антенне и на фидерах возникали факелы и электрические разряды. Настройка антенны сильно изменялась в зависимости от погоды и т. д.

В последующие годы в связи с широким внедрением синфазных антенн для целей вещания вновь возникла необходимость

в диапазонных антеннах. В итоге критического пересмотра принципов осуществления кратной антенны В. Д. Кузнецов разработал

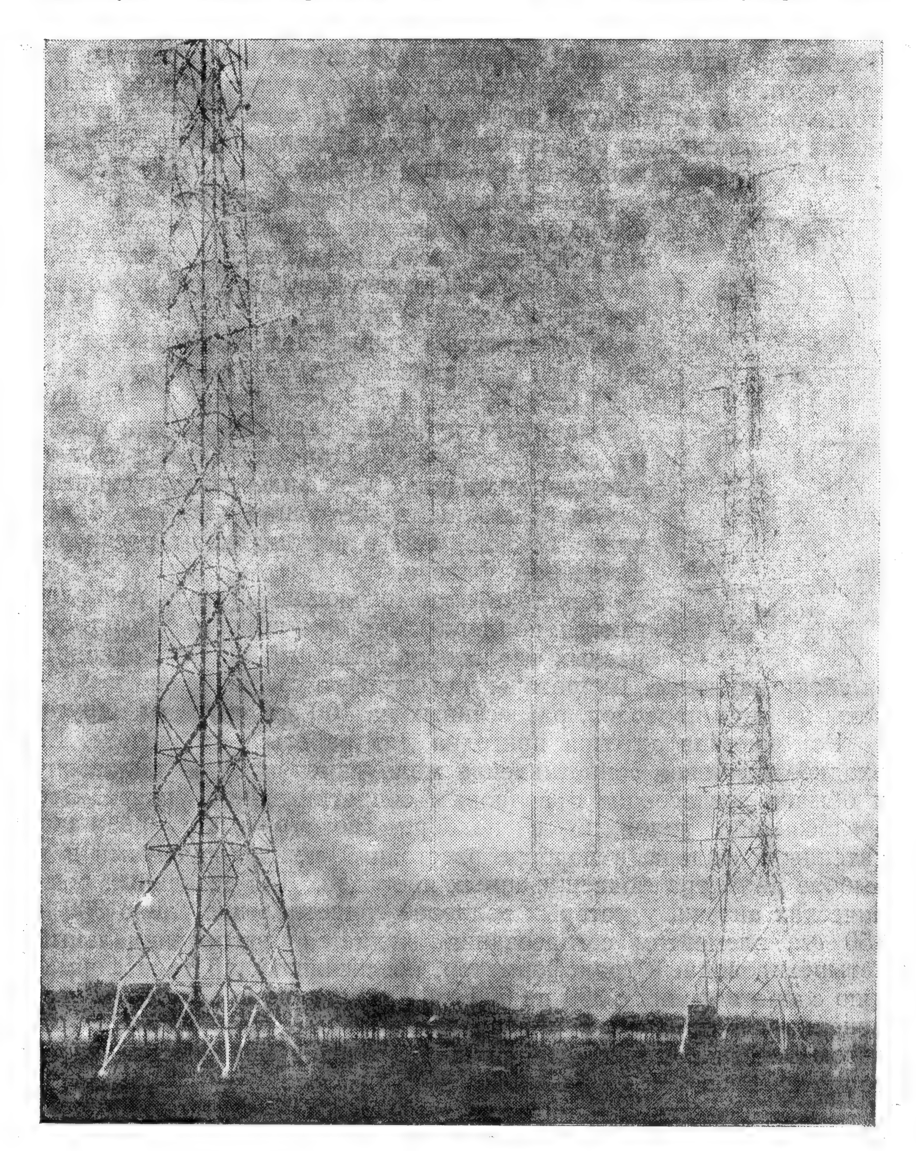


Рис. XII.1. Общий вид синфазной антенны

новый вариант диапазонной антенны. Антенна рассчитана для работы на любой вещательной волне, расположенной в одном из

двух смежных диапазонов, отведённых для вещания, например, 19—25, 25—31 *м*.

Одна из схем соединения вибраторов показана на рис. XII.2. Полотно четырёхэтажной антенны разделяется по вертикали на две части. Каждые две пары вибраторов получают питание самостоятельно по отдельному фидеру. Длина l_1 этих фидеров выбирается в зависимости от диапазона волн. Для диапазона 17—21 *м* $l_1 = 1{,}28\,\lambda_0$, для диапазона 25—31 и 41—50 *м* $l_1 = 0{,}78\,\lambda_0$.

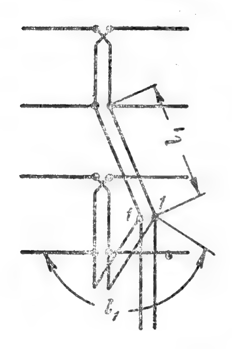


Рис. XII.2. Схема соединения вибраторов

Номинальная расчётная длина волны λ_0 выбирается примерно посредине между двумя крайними волнами диапазона. В точках *1—1* фидера питающие вибраторы присоединяются к главному фидеру.

Особенностью данной антенны является то, что при указанной длине фидера, равной $0{,}78\,\lambda_0$ или $1{,}28\,\lambda_0$ в точках *1—1* получается почти пучность напряжения для обоих поддиапазонов волн. При одинаковых волновых сопротивлениях всех фидеров коэффициент бегущей волны в питающем фидере будет вдвое больше, чем в вертикальном распределительном фидере.

Конструктивно питающие провода располагаются по вертикали при помощи крестообразных изоляторов. Главный фидер подводится сбоку наклонно. Вибраторы для лучшего согласования выполнены из двух проводов, разнесённых на 100 *мм* друг от друга.

Ромбическая антенна пригодна для работы в диапазоне. Её входное волновое сопротивление мало изменяется по диапазону и обычно согласовано с волновым сопротивлением фидера. Это согласование заложено в подборе геометрических размеров антенны и фидера, в подборе расстояний между проводами и в выборе диаметра подвешиваемых проводов. Для сдвоенных ромбических антенн, у которых волновое сопротивление равно 300—350 *ом*, элементом согласования является экспоненциальный четырёхпроводный трансформатор, обеспечивающий трансформацию сопротивления с 300 на 600 *ом*. Геометрические размеры экспоненциального трансформатора подобраны таким образом, что автоматически осуществляется постепенное изменение волнового сопротивления.

Конец ромбической антенны замыкается на активное сопротивление, выполняемое обычно в виде длинной линии, состоящей из стальных или фехралевых проводов. Линия на противоположном конце замыкается перемычкой, середина которой заземляется.

Волновое сопротивление линии также соответствует волновому сопротивлению антенны.

Полотно ромбической антенны выполняется в два или в три провода, постепенно расходящихся к тупому углу ромба и затем вновь сходящихся. Измерения, проведённые Г. З. Айзенбергом, показали, что при трёх проводах можно получить более высокий кпд антенны, чем при двух проводах.

XII.2. Особенности радиосвязи

Инженер по антенным устройствам должен хорошо ориентироваться в условиях распространения радиоволн. Коротковолновая радиосвязь использует частоты в диапазоне 4—30 *мггц*. Работа в этом диапазоне в значительной степени зависит от условий распространения электромагнитных волн в ионосфере.

Распространение на большие расстояния электромагнитной энергии на коротких волнах происходит скачкообразно (рис. XII.3). Энергия, излученная антенной передатчика, распространяясь, достигает ионизированных слоёв. Если ионизация слоя недостаточна для данной частоты, энергия проходит через слой, претерпевая потери. Встречая на своём пути следующий, более плотный ионизированный слой, энергия отражается, возвращаясь обратно к земной поверхности, где вновь отражается вверх к ионосфере. Так как поверхность ионизированных слоёв и земли в точках отражения не является ровной, то энергия отражается с значительными потерями на поглощение и рассеивание. Кроме того, антенна передатчика излучает энергию под достаточно широким телесным углом и, следовательно, энергия попадает на отражающий слой под различными углами.

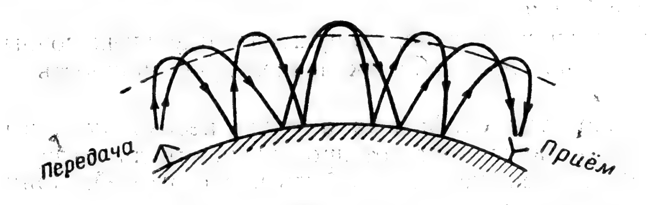


Рис. XII.3. Характер распространения коротких волн

Эти обстоятельства приводят к тому, что в точку приёма приходит не один луч, а многие и под различными углами к горизонту.

Сигнал, принимаемый приёмной антенной, таким образом, складывается из ряда отдельных лучей, пришедших с различной амплитудой и фазой. Дистанция одного скачка луча определяется углом наклона, под которым энергия достигла отражающего

слоя, и высотой слоя. Максимальная протяжённость одного скачка при отражении от слоя E равна 2000 *км*. При отражении от слоя F_2 — 4000 *км*.

При организации связи на большее расстояние число скачков становится равным двум, трём и т. д.

Очевидно, что для получения наилучших результатов передающая антенна должна сконцентрировать максимум излучения под таким углом к горизонту, при котором расстояние будет перекрыто с наименьшим числом отражений, а лучше всего — с одним отражением. Чем короче линия, тем выше угол, под которым надо излучать энергию. Поэтому для ближних связей антенна должна излучать максимум энергии под большими углами к горизонту. Например, при длине линии порядка 600 *км* — под углом 30—45°, для линии длиной в 1500 *км* — 15—30° и для линии длиной в 3000 *км* — 10—30°.

Наивыгоднейшие углы излучения для каждой линии связи днём и ночью разные. Поэтому выбор антенн производится с учётом условий работы в течение суток. Например, ромбическая антенна, работающая на волне, близкой к оптимальной, излучает максимум энергии под углом в 12° и пригодна для связи на большие расстояния. Применение этой же антенны ночью, когда работа происходит на более длинной волне, нерационально. На ночной волне угол излучения ромбической антенны сильно повышается, и энергия под низкими наиболее благоприятными углами будет излучаться в малых количествах. Поэтому необходимо иметь отдельную антенну, пригодную для данной связи в ночных условиях. Важнейшие магистрали оборудуются двумя антеннами — дневной со стороной ромба в 88 *м* и ночной со стороной ромба в 160 *м*.

Как показали измерения, сооружение отдельных ночных ромбических антенн повысило эквивалентную мощность в 16—25 раз.

Аналогично для синфазных антенн необходимо выбирать число этажей в зависимости от протяжённости линии связи. Чем она короче, тем меньше должно быть число этажей. Применение многоэтажных синфазных антенн для работы на короткие расстояния приводит к неудовлетворительным результатам, так как основная часть излучённой энергии вернётся на землю значительно дальше точки приёма.

Работать с высокими углами излучения на дальние расстояния нерационально, так как энергия, прежде чем достичь точки приёма, претерпевает излишнее число отражений и, следовательно, бесцельно расходуется на потери. С другой стороны, для связи на коротких дистанциях необходимо так изменить параметры антенн, чтобы они и днём и ночью обеспечивали излучение под высокими углами.

Инженер, обслуживающий антенные устройства, определяя возможность использования той или иной антенны, всегда должен ориентироваться на вышеуказанные обстоятельства и, имея типовые характеристики направленности антенн, должен определить наиболее правильное решение. В некоторых случаях целесообразно, например, отсоединить временно верхние этажи синфазных антенн, или укоротить стороны ромбической антенны, или подвесить к тем же опорам второй ромб меньшего размера.

Важным показателем устойчивой работы линии является достаточная сила сигнала в точке приёма. Полезный сигнал должен быть выше уровня помех.

Повышение устойчивости работы линии может быть достигнуто различными мероприятиями. Можно повысить мощность передатчика или направленность передающей антенны. Можно улучшить выделение полезного сигнала на приёмном конце, применяя остронаправленные приёмные антенны и сдвоенный и строенный приём. Можно усилить сигнал, подбирая рабочую частоту, претерпевающую в данное время наименьшее поглощение. Практически применяются все эти методы.

Эквивалентная излучаемая мощность на передающем конце характеризуется произведением $P \cdot \varepsilon$, где P — мощность передатчика, передаваемая в антенну, а ε — коэффициент усиления антенны.

Коэффициент усиления ε, указываемый обычно в таблицах, позволяет сделать только общее сравнение антенн между собой.

Для определения действительной эквивалентной мощности необходимо установить по диаграмме вертикального излучения величину ε применительно к наивыгоднейшему для данной связи углу излучения.

Определяя необходимую напряжённость поля в точке приёма, следует принимать во внимание уровень помех в месте приёма, род работы и скорость передачи сигналов.

В месте приёма важно иметь достаточное превышение полезного сигнала над уровнем помех. При этом следует иметь в виду, что уровень помех различен для отдельных районов мира, и практически получается, что линии связи необратимы: необходимая напряжённость поля, достаточная по состоянию уровня помех для одного конца двусторонней линии связи, может оказаться недостаточной для другого конца, где уровень помех в данный момент выше.

Очевидно, при маневрировании мощностью передатчиков уменьшение мощности должно проводиться не одновременно на обоих концах, а в соответствии с уровнем помех в месте приёма.

Каждый вид радиосвязи — амплитудный или частотный телеграф, телефон и т. д. — занимает в диапазоне частот определён-

ную полосу. Ширина этой полосы зависит как от вида передачи, так и от скорости работы при телеграфном обмене.

Вместе с увеличением скорости работы возрастает полоса частот, занимаемая излучением передатчика в пространстве. Увеличение ширины полосы излучения требует расширения полосы частот, принимаемых приёмником, а это ведёт к увеличению уровня помех, принимаемых вместе с сигналом. Кроме того, работа на больших скоростях требует более уверенного приёма кратковременных импульсов. Поэтому необходимая для устойчивой работы мощность, излучаемая передающим устройством, с увеличением скорости работы возрастает. Если принять мощность, необходимую для осуществления связи при работе ручным ключом, с применением частотной манипуляции и сдвоенного приёма за единицу, то примерный рост мощности с переходом на другие виды работы выразится согласно данным табл. XII.1. Конечно, эти данные могут быть взяты только как ориентировочные, так как пока ещё отсутствует достаточный статистический опыт. Так, например, существует мнение, основанное на практических наблюдениях, что использование сдвоенного приёма при однополосной телефонии не только не приносит выигрыша, но даже ухудшает приём.

Таблица XII.1

Соотношение мощностей при изменении рода работы передающего устройства

Род работы	Мощность	
	при сдвоенном приёме	при одинарном приёме
Ручная работа, 20 слов в минуту; частотная манипуляция (ЧМ)	1	10
То же, но с амплитудной манипуляцией	10	100
Телеграф, быстродействие, 200 слов в минуту; ЧМ	17	170
Телеграф, 8-канальная многократная аппаратура буквопечатания; ЧМ	100	1 000
Однополосная телефония	120	1 200
Передача фото с ЧМ	170	1 700
Телеграф, быстродействие, 200 слов в минуту; амплитудная манипуляция	170	1 700
Буквопечатание, 8-канальная многократная аппаратура; амплитудная манипуляция	1000	10 000
Двухполосная телефония	1000	10 000

Напряжённость поля в месте приёма является переменной величиной, зависящей от многих факторов. Напряжённость поля, создаваемая одним лучом, пришедшим к месту приёма зависит: от мощности передатчика, от усиления передающей антенны, от расстояния, пройденного лучом, от величины потерь на рассеивание и поглощение при прохождении луча в ионосфере и при отражении от земли, от угла наклона ионосферного слоя, от поляризации и усиления приёмной антенны и от других причин.

Практические средние данные для напряжённости поля, выраженные в микровольтах на метр для линий различной протяжённости, при работе с востока на запад, на широте около 45°, приведены в табл. XII.2. При этом мощность излучения принята равной 1 *квт* для изотропного излучения (равномерно излучающего во все стороны). Дневным временем считается полдень для средней точки трассы.

Таблица XII.2

Средняя напряжённость поля для различных расстояний

Километры	Ночь	День				
		3 *мггц*	5 *мггц*	10 *мггц*	15 *мггц*	20 *мггц*
800	100	0,3	1	50	75	90
3000	35	$<10^{-3}$	10^{-2}	5	15	25
8000	8	$<10^{-3}$	$<10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	1	4

Из приведённых в таблице цифр следует, что напряжённость поля возрастает с увеличением частоты. Поэтому всегда выгодно работать на более высокой частоте; чем ниже частота, тем больше поглощение. Наиболее низкой, пригодной для работы, частотой является частота, претерпевающая такое поглощение, при котором остаток энергии, приходящей в точку приёма, создаёт напряжённость поля, превышающую уровень помех. С другой стороны, наиболее высокой является частота, которая для данного расстояния всё ещё отражается ионизированным слоем. Между этими границами и выбирается рабочая частота для линии связи на данное расстояние.

Ночью поглощение сильно уменьшается практически одинаково для всех частот, и напряжённость поля сильно возрастает. Однако следует помнить, что и помехи всякого рода ночью поглощаются меньше и, следовательно, для сохранения принятого отношения полезного сигнала к сигналу помехи напряжённость поля полезного сигнала должна быть выше.

Особенно большое поглощение наблюдается на линиях связи, проходящих вблизи полярной зоны земли. В дни ионосферных возмущений возможен полный перерыв связи в течение ряда

часов суток. Наиболее трудными трассами являются также длинные широтные связи, проходящие по зонам различной освещённости и претерпевающие неоднократное отражение от ионосферы и земной поверхности. Поэтому в последние годы длинные линии разбивают на участки в 2,5—3 тысячи километров, и сигнал ретранслируется через один или несколько пунктов. Ретрансляция применяется, главным образом, на линиях, трасса которых проходит близко к полярной зоне. Выбирая для ретрансляции пункт, расположенный на юге, посредине между двумя оконечными пунктами, удаётся обойти влияние возмущения магнитного поля земли. Ретрансляция может и должна применяться на всех длинных линиях, где прямая радиосвязь не обеспечивается имеющимися техническими средствами.

При приёме телеграфных сигналов в случае прихода в место приёма нескольких лучей сигнал искажается.

Отдельные лучи, проходя различными путями, достигают приёмной антенны не одновременно. На рис. XII.4 показана форма сигнала при сложении только двух лучей. Второй луч приходит с опозданием на Δt, что вызывает при сложении удлинение — «преобладание» результирующего сигнала на эту величину Δt. Если сдвиг фазы лучей достигает 180°, то, кроме удлинения сигнала, наблюдается также его дробление (рис. XII.4г). При скорости света в 300 *км* в миллисекунду расхождение в длине трассы в 300 *км* создаёт отставание второго луча на одну миллисекунду.

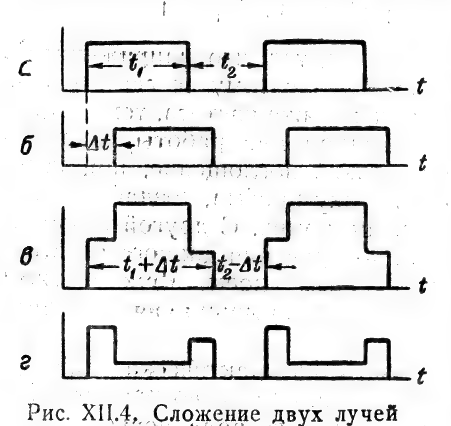


Рис. XII.4. Сложение двух лучей

Практика показывает, что на линиях протяжённостью в 5000 *км* удлинение сигнала может достигать 0,5—0,7 *мсек*, а на более удалённых магистралях — даже 2 *мсек*.

Между тем длительность сигнала t_1 зависит от скорости работы. Чем больше скорость, тем меньше величина t_1. Так, например, при работе девятикратным Бодо длительность элементарного импульса равна 6,25 *мсек*. При удлинении сигнала в 2 *мсек*, преобладание достигнет величины около 30%. Для нормальной работы аппаратуры Бодо-радио преобладание не должно превышать 10—15%. Следовательно, на коротких линиях связи (при одном отражении), где преобладание меньше, можно работать на больших скоростях. При организации ретрансляции линия радиосвязи делится на короткие участки и, следовательно, максимально допу-

стимые скорости работы могут быть выше, чем при прямой связи, что является большим преимуществом метода работы с ретрансляцией. Для сравнения видов передач на табл. XII.3 показана продолжительность элементарного импульса при работе с различной аппаратурой. Особенно трудные условия имеют место при передаче фотоизображений, где длительность импульсов очень мала.

Таблица XII.3

Продолжительность элементарного импульса в зависимости от рода работы

Род работы и тип аппарата	Техническая скорость передачи	Продолжительность элементарного импульса, *мсек*	Основная частота манипуляции, *гц*
Телеграфная ручная работа кодом Морзе	15 *сл/мин*	83,5	6
	30 „	41,7	12
Телеграфная работа быстродействующей аппаратурой	100 „	12,5	40
	250 „	5,0	100
	500 „	2,5	200
Буквопечатание пятизначным кодом[1]):			
Бодо двукратный симплекс	80 „	21,4	23,4
Шестикратное Бодо-радио	240 „	9,4	53,15
Девятикратное Бодо-радио	360 „	6,25	80
Стартстопный аппарат СТ-35 и другие	76 „	22,75	22
Трёхкратный аппарат ТРТ-1	228 „	6,58	78
Фототелеграф (чёрно-белые изображения) при скорости передачи бланка 219×300 *мм*:			
20 *мин*	75 *об/мин*	0,73	687
13,4 „	112,5 „	0,49	1030
6,7 „	225 „	0,25	2060

[1]) Бодо при 200 *об/мин*, стартстопные аппараты при 380 *об/мин*.

Борьба с преобладанием может вестись применением остронаправленных антенных систем на приёмном конце линии. Эти устройства позволяют выделять для приёма один узкий пучок лучей, вследствие чего другие лучи не влияют на результирующий сигнал.

Вторым, более широко применяющимся методом является ретрансляция сигнала через промежуточные приёмно-передающие пункты. Применяя усиление сигнала в двух-трёх промежуточных пунктах, можно ликвидировать на каждом пункте приёма удлинение сигнала.

Для восстановления правильной длительности сигнала служат устройства — регенераторы; процесс восстановления нормальной длительности сигнала называется регенерацией. Регенераторы значительно повышают устойчивость связи как на линиях с ретрансляциями, так и на прямых связях. Регенератор может ликвидировать преобладание, достигающее 30—40%.

Антенны приёмной станции должны принимать энергию только со стороны корреспондента и под углом прихода максимального луча. Важно, чтобы направленные свойства приёмной антенны использовались полностью. Для этого необходимо периодически проверять симметрию фидера, отсоединяя от него полотно приёмной антенны и принимая сигнал непосредственно только на фидер. Приём должен заметно ослабиться.

Для уменьшения влияния замираний сигнала прибегают к одновременному приёму на две или на три антенны. Как показывает статистическая обработка материалов, целесообразность такого способа приёма зависит от требуемой степени надёжности работы линии. Чем требования выше, тем больше эффект, получаемый от применения сдвоенного и строенного приёма.

Если удовлетвориться прохождением связи в течение 95% общего времени работы, то переход от одинарного приёма к сдвоенному равносилен повышению мощности в 8—10 раз, а при применении строенного приёма в 25—30 раз.

Если требуется надёжная работа линии связи в течение более высокого процента времени, например, в течение 99%, то выигрыш от сдвоенного и строенного приёма повышается ещё более. Практически работа стартстопным аппаратом даёт выигрыш от применения сдвоенного приёма, равный 12 *дб,* при допущении 20 ошибок на 1000 знаков и 30 *дб* при допущении одной ошибки.

XII.3. Основные электрические параметры антенн

Основными техническими показателями коротковолновых передающих антенн являются: коэффициент усиления, коэффициент полезного действия, диаграммы направленности в вертикальной и

горизонтальной плоскостях и входные активные и реактивные сопротивления антенн на рабочей волне и в диапазоне волн.

За единицу сравнения принимают:

а) изотропную (не существующую практически) антенну, излучающую шаровые волны;

б) элементарный электрический вибратор — короткий провод, длина которого значительно короче длины волны. Такой провод имеет по всей длине одинаковую силу и фазу тока;

в) уединённый (идеальный) полуволновой вибратор, на котором, как показывает само название, укладывается полуволна;

г) горизонтальный полуволновой вибратор, расположенный на высоте полуволны от земной поверхности.

Для полуволнового вибратора принимается напряжённость поля, создаваемая в экваториальной плоскости, т. е. плоскости, рассекающей шар, описанный вокруг диполя посередине и параллельно земной поверхности. Коэффициентом усиления антенны ε называют отношение квадрата напряжённости поля, излучаемого в направлении главного луча, к квадрату напряжённости поля, излучаемого в экваториальной плоскости уединённым полуволновым вибратором, изолированным в пространстве при равенстве подводимых мощностей к обеим антеннам.

Так как квадрат напряжённости поля пропорционален мощности излучения, то коэффициент усиления показывает, насколько можно уменьшить подводимую к направленной антенне мощность, по сравнению с тем случаем, когда передающей антенной служит идеальный полуволновой вибратор, при сохранении постоянной напряжённости поля в точке приёма.

Из определения коэффициента усиления следует, что напряжённость поля определяется в направлении максимального излучения, которое обычно происходит под углом к земной поверхности. Измеренная напряжённость поля у земли покажет величину, не совпадающую с действительным коэффициентом усиления антенны.

Для упрощения наименований синфазные горизонтальные антенны различных типов получили условные обозначения. Например, СГ 2/4 Р, где С означает синфазная, Г — горизонтальная (т. е. диполи расположены горизонтально по отношению к земле), числитель 2 — число этажей, знаменатель 4 — число полуволновых диполей в ряду (за границей принято обратное обозначение), *Р* — означает наличие рефлектора. Таким образом, СГ 2/4 Р читается как «синфазная горизонтальная антенна, имеющая два этажа по четыре диполя в каждом и рефлектор».

Ромбические антенны сокращённо изображаются шифром РГД 65/4 1: РГД означает «ромбическая горизонтальная двойная», числитель указывает величину половины тупого угла ромба в градусах (65°), знаменатель даёт отношение длины стороны ром-

ба к оптимальной рабочей волне ($l = 4\lambda_0$). Последняя цифра (1) показывает отношение высоты подвеса H к λ_0, т. е. H в данном случае равно λ_0.

Вычисление коэффициента усиления производится по формулам, приводимым в соответствующих учебниках. Применение рефлектора увеличивает ε примерно в два раза. Земля, принимаемая обычно в расчётах идеально проводящей, увеличивает ε. Но это увеличение различно для антенн различной этажности. Очевидно, что чем выше расположен этаж антенны от земли, тем влияние последней меньше.

В действительности земля не является идеально проводящей, и из-за ухудшения её свойств поле в направлении максимального излучения может уменьшиться на 10—20%. Влажность почвы под антенной способствует повышению эффективности антенны и, наоборот, сухая, песчаная почва, а также неровность рельефа и лес перед антенной ухудшают её работу.

Значения ε для различных типов антенн при земле с идеальной проводимостью приведены в табл. XII. 4.

Таблица XII.4

Коэффициент усиления передающих антенн

Тип антенны	ε	$\varepsilon/_{4,22}$	Ширина лепестка в горизонтальной плоскости, град.	Ширина лепестка в вертикальной плоскости, град.	Угол наклона максимального луча, град.
СГ 1/2 Р	12	2,8	44	32	30
СГ 2/2 Р	20	4,7	44	20	17
СГ 1/4 Р	26	6	28	32	30
СГ 2/4 Р	36,5	8,5	28	20	17
СГ 4/4 Р	80	19	28	10	9
СГ 6/4 Р	130	31	28	7	7
СГ 2/8 Р	70,7	17	10	20	17
СГ 4/8 Р	160	38	10	10	9
СГ 6/8 Р	211	52	10	7	7
СГ 4/16 Р	320	76	7	10	7
СГ 6/16 Р	440	104	7	7	7
СГ 8/16 Р	640	150	7	4	—

Продолжение

Тип антенны	ε	$\varepsilon/_{4,22}$	Ширина лепестка в горизонтальной плоскости, град.	Ширина лепестка в вертикальной плоскости, град.	Угол наклона максимального луча, град.
РГ 65/4 1					
0,8 λ_0	52	12,3	10	10	10
1 λ_0	45	10,7	12,5	13	12
1,3 λ_0	32	7,6	16,5	16,5	—
1,5 λ_0	25	5,9	17	17,5	20
2 λ_0	15	3,56	—	—	24
РГД 65/4 1					
0,8 λ_0	102	24,2	8,5	10	10
1 λ_0	85	20	10	13	12
1,3 λ_0	63	15	12,5	16,5	—
1,5 λ_0	50	11,8	16	17,5	20
2 λ_0	25	5,9	—	—	24
РГД-2 65/4 1					
0,8 λ_0	200	48	5	10	10
1 λ_0	170	40	6	13	12
1,3 λ_0	110	26,1	7	16,5	—
1,5 λ_0	100	24	9	17,5	20
2 λ_0	50	12	—	—	24

В некоторых изданиях можно встретить меньшие значения для ε, чем показанные во втором столбце таблицы. Эти значения получены для случая, когда за единицу сравнения принят не идеальный полуволновый диполь, а горизонтальный полуволновый вибратор, расположенный на высоте $\lambda/2$ над поверхностью идеально проводящей земли. При этом коэффициенты усиления ε будут меньше в 4,22 раза.

Не следует также смешивать коэффициент усиления ε с коэффициентом направленного действия D:

$$\varepsilon = D\eta,$$

где η — коэффициент полезного действия антенны. Следовательно, ε всегда меньше D.

У некоторых авторов встречается зависимость:

$$\varepsilon = \frac{D\eta}{1{,}64}.$$

Знаменатель 1,64 формулы вызван тем, что для сравнения берётся изотропный вибратор, равномерно излучающий во все стороны. Значения коэффициента усиления ε, приведённые в таблице, могут быть использованы для сравнения антенн между собой.

Для определения усиления антенны в конкретных условиях необходимо учитывать значение ε под заданным углом к горизонту и по направлению на корреспондента, которое в общем случае может не совпадать с главным направлением излучения антенны. Кроме того, для диапазонных антенн коэффициент усиления изменяется в зависимости от выбранной рабочей волны, и это также должно быть принято во внимание.

XII.4. Настройка и измерения антенн

Коротковолновые синфазные антенны настраиваются в определённой последовательности.

Настройку антенны начинают с внешнего осмотра и проверки правильности всех соединений, проверяют, не оставлены ли отрезки проводов на фидерах, нет ли разбитых изоляторов. Особенное внимание обращают на соблюдение одинаковой длины каждого провода фидера при поворотах, проходе через переключатели и т. п. Если длина проводов неодинакова, её уравнивают, удлиняя один из проводов фидера искусственно вставленной перемычкой.

После осмотра проверяют мегометром состояние изоляции антенны и приступают к проверке симметрии всего устройства.

Проверяется последовательно симметрия полотна антенны, рефлектора, питающих распределительных фидеров, затем главного фидера и, если это окажется необходимым, симметрия выходной ступени передатчика.

Затем производится настройка рефлектора на максимум усиления или максимум защитного действия, после чего фидер у антенны настраивается на бегущую волну.

Настройка ромбической антенны проще и заключается в общей проверке правильности выполнения антенны и всех соединений.

Основным требованием к строительству ромбической антенны является правильность и точность соблюдения её размеров в соответствии с указанными в чертежах для типовых конструкций.

Электрическим измерением проверяется сопротивление заземления в конце поглощающего сопротивления и симметрия антенны. После этого проверяется коэффициент бегущей волны на фидере в рабочем диапазоне частот. По окончании настройки производят снятие характеристики направленности излучения антенны в горизонтальной плоскости.

Для производства всего комплекса измерений используют: генератор высокой частоты с необходимым диапазоном частот, термоамперметры и измеритель напряжения, состоящий из отрезка фидера длиной в $\lambda/4$, замкнутого на конце термоамперметром. В качестве генератора высокой частоты часто используют непосредственно сам передатчик. При производстве измерений необходимо строго выполнять правила техники безопасности.

Ниже более подробно указываются требуемые действия персонала при настройке антенны.

Настройка и испытание коротковолновых антенн разделяются на проверку собственно антенны, подвешенной к поддерживающей её опорам, и на согласование антенны с питающим её фидером.

Чем точнее соблюдены геометрические размеры отдельных частей антенного полотна, тем проще настройка и регулировка. Большинство коротковолновых антенн: ромбические, синфазные, диапазонные диполи и т. д. подвешиваются горизонтально к поверхности земли и представляют собой симметричные системы.

Выходная ступень передатчика наиболее часто осуществляется по двухтактной схеме, симметричной по отношению к заземлённой (или незаземлённой, но имеющей нулевой потенциал) средней точке колебательного контура. Фидер, соединяющий антенну с передатчиком, состоит из двух или четырёх проводов, также симметрично подвешенных по отношению к земле. Таким образом, вся система является симметричной.

Если при этом ещё проведено и полное согласование волновых сопротивлений фидера с передатчиком и фидера с антенной, то на фидере установится бегущая двухтактная волна. При этом потенциал фидера будет одинаков по всей его длине, незначительно спадая к антенне.

Практически по ряду причин согласование волновых сопротивлений и симметрия системы несколько нарушаются. Нарушение симметрии обнаруживается измерением потенциала на каждом из проводов фидера.

Если на фидере имеется только однотактная волна, то распределение потенциалов на первом и втором проводе будет соответствовать показанному на рис. XII.5*а*.

Если на фидере имеется только двухтактная волна, то распределение потенциалов каждого провода будет таким, как показано на рис. XII.5*б*. Узлы и пучности на каждом проводе совпадают, но имеют противоположную фазу. На рис. XII.5*в* показано распределение потенциалов при наличии асимметрии. На фидере имеют место однотактная и двухтактная волны. Сложение потенциалов двух волн, сдвинутых по фазе, вызывает смещение узлов одного провода по отношению к узлам другого (на величину $a - a'$). Появляется также неравенство амплитуд в пучностях и узлах двух проводов.

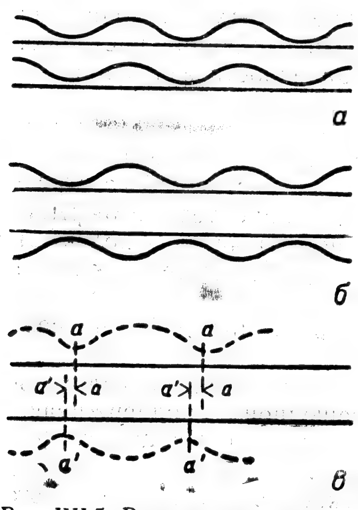


Рис. XII.5. Распределение потенциалов на фидере

На рис. XII.6 показано, как в этих случаях протекают по фидеру токи.

Потенциалы U_1 двухтактной слагающей одинаковы в обоих проводах фидера по величине, но противоположны по фазе. Токи и потенциалы U_2 однотактной волны одинаковы в обоих проводах как по амплитуде, так и по фазе. Направления токов двухтактной волны показаны на рис. XII.6 сплошными стрелками, а однотактной — пунктирными.

Энергия однотактной волны, проходя по фидеру и замыкаясь на землю, пропадает бесцельно, расходуясь на излучение фидером в произвольном направлении и на потери в земле.

Кроме того, однотактная волна, как видно из чертежа, повышая потенциал, может создать перенапряжения на фидере и вызвать пробой с фидера на землю.

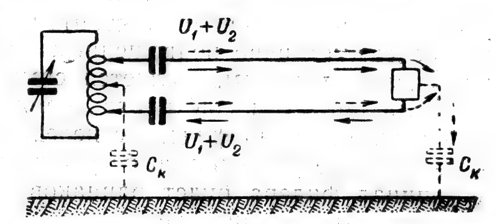


Рис. XII.6. Протекание токов в фидере

При неблагоприятных условиях, как показали измерения, перенапряжения, создаваемые однотактной волной, могут достигнуть очень высоких значений. Это объясняется тем, что согласование волновых сопротивлений системы ведётся относительно двухтактной волны.

Если в антенной системе имеются участки линий с резкими переходами, например с высокочастотного кабеля к воздушному

фидеру и т. п., то в местах перехода однотактная волна встречает резкое изменение волнового сопротивления, что создаёт условия для возникновения очень высоких потенциалов на фидере, нарушающих нормальную работу устройств. Необходимо в этих случаях принимать дополнительные меры для улучшения согласования в местах перехода как для двухтактной, так и однотактной волн.

Степень асимметрии фидера определяется коэффициентом асимметрии, равным

$$\delta = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2}.$$

где U_1 и U_2 — потенциалы проводов фидера, взятые в одном сечении.

Например, если U_1 — потенциал одного провода в пучности, то значение U_2 — потенциал другого провода в данном сечении, меньший из-за асимметрии в проводах.

Для проверки симметрии подключают к передатчику фидер с присоединённой к нему антенной и подают в него энергию. Затем измеряют при помощи измерительного шлейфа потенциал на обоих проводах фидера в одном сечении. Прикасаясь последовательно одним крючком шлейфа к одному, а затем к другому проводу фидера и далее обоими крючками к обоим проводам, можно получить три показания амперметра. При равенстве всех трёх показаний прибора фидер и антенна симметричны.

Если показания различны, то, следовательно, на фидере имеется скос по распределению, и его необходимо устранить или уменьшить. Степень допустимой асимметрии определяется значением

$$\delta = 0{,}05 - 0{,}1.$$

Появление асимметрии возможно как со стороны антенны, так и со стороны передатчика. Со стороны антенны некоторая асимметрия может быть вызвана тем, что провода антенны подвешиваются между металлическими башнями при наличии нескольких снижений. Это же может иметь место, если с одной стороны антенны имеются дополнительные сооружения, провода и т. д., отсутствующие с другой. Приближение к фидеру различных сооружений нарушает симметрию, если не соблюдены необходимые расстояния. Всё это создаёт паразитную ёмкость по отношению к земле.

Причиной асимметрии со стороны передатчика может быть неправильное расположение деталей колебательных контуров, вследствие чего паразитная ёмкость по отношению к земле одного плеча ступени передатчика будет не равна ёмкости другого. Асимметрия может возникнуть также из-за неправильного выво-

да проводов фидера из здания при осуществлении антенной коммутации и т. д.

На рис. XII.7 изображена схема симметричного передатчика. В ней по обе стороны от средней точки на катушке могут быть найдены точки равного, но противоположного по знаку потенциала.

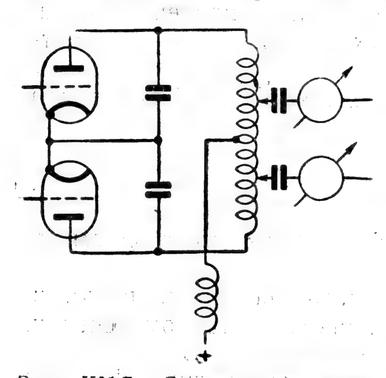


Рис. XII.7. Схема симметричного передатчика

Паразитная ёмкостная связь нарушает симметрию и требует специальных мер для её устранения.

Асимметрию неправильной подачи питания можно устранить симметрированием всех элементов выходной ступени передатчика, симметричным расположением деталей, катушек или зажимов связи, применением одинаковых ламп в двухтактной ступени и т. д.

Для выяснения, что именно является причиной асимметрии — передатчик или антенна — отмечают показания амперметра шлейфа при касании им того и другого провода. Затем провода фидера у передатчика перекрещивают и вновь измеряют ток в обоих проводах. Если при этом показания сохраняются по величине, но взаимно меняются, то причину асимметрии следует искать в передатчике. Если же показания до и после перекрещивания проводов сохранились прежними в тех же проводах, то причина — в антенне или фидере. Закорачивая фидер возле антенны накоротко и измеряя потенциалы проводов при пониженной мощности, определяют вновь симметричность фидера. Если асимметрия внесена разбитым изолятором или неодинаковой длиной проводов фидера, это обнаружится измерением. Перенося замыкатель ближе к передатчику, находят положение, при котором асимметрия пропадает и, обследуя фидер, находят место повреждения.

Для проверки симметрии полотна антенны измеряют равенство потенциалов в отдельных проводах и, если имеются распределительные фидеры, проверяют симметрию цепей питания. Кроме того, в синфазных антеннах проверяется симметричность рефлектора.

На рис. XII.8 показана схема синфазной антенны с рефлектором, а на рис. XII.9 — распределение питания отдельных вертикальных секций сложной синфазной антенны путём разветвления магистрального фидера на два отдельных симметрично расположенных фидера. Подведённая энергия должна поровну распределяться между обеими ветвями. Подключая на расстоя-

нии λ/4 от точки разветвления измерительный шлейф сначала слева, а затем справа, измеряют напряжения. При правильном распределении мощности оба показания будут одинаковыми. Если замечено неравенство напряжений в отдельных ветвях, то проверяют ещё раз монтаж антенны. При отсутствии дефектов неравномерность питания обычно объясняется неодинаковой длиной проводов, *a—c* и *a—d* (рис. XII.9). Точки разветвления *ab* должны располагаться точно в центре разветвления.

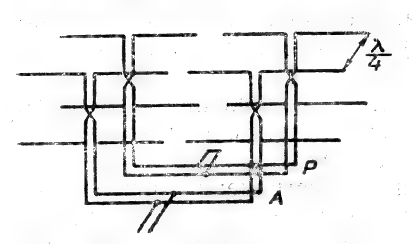


Рис. XII.8. Синфазная антенна с рефлектором

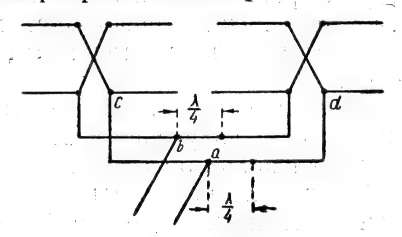


Рис. XII.9. Распределение питания вертикальных секций синфазной антенны

Для уравнения напряжений передвигают точки присоединения *a* и *b* вправо или влево. Таким образом должны быть проверены все разветвления фидера.

По окончании симметрирования антенны проверяют вновь симметрию основного магистрального фидера.

Небольшая асимметрия в начале фидера у передатчика может быть устранена или сильно уменьшена, если замкнуть однотактную волну накоротко на землю. Для этой цели в начале фидера подключают трёхпластинчатый переменный конденсатор, среднюю пластину которого заземляют. Для двухтактной волны средняя пластина находится под нулевым потенциалом независимо от того, заземлена она или нет. Для однотактной волны оба провода через ёмкость заземляются, и однотактная волна дальше по фидеру не распространяется. При этом длина заземляющего провода должна быть меньше λ/4 или равна λ/2.

Переменный конденсатор может быть заменён подвеской в начале фидерной линии шлейфа длиной в λ/4, замкнутого на конце мостиком. Такой шлейф представляет собой бесконечно большое сопротивление для двухтактной волны и короткое замыкание для однотактной. При измерении длины провода шлейфа следует учесть и половину длины провода замыкающего мостика. Середина мостика заземляется.

Рефлектор (рис. XII.8) подвешивается на расстоянии 0,25—0,2 λ сзади полотна антенны. Так как питание к рефлектору не подводится, то система его распределительных фидеров, совершенно аналогичная системе полотна активной антенны, заканчивается

короткозамыкающим главный фидер мостиком. Длину главного фидера берут равной 0,3—0,4 λ. Настройку начинают с проверки симметрии рефлектора, проводимой аналогично проверке симметрии антенны. По окончании симметрирования устанавливают на некотором расстоянии (5—10) λ впереди антенны индикатор напряжённости поля.

Передвигая закорачивающий мостик вдоль главного фидера рефлектора, можно в очень больших пределах изменять распределение энергии в пространстве, так как положение мостика определяет как фазу, так и амплитуду наводимых в рефлекторе токов.

Правильная настройка определяется положением мостика, при котором излучение в испытываемом главном направлении — максимально. Это положение мостика закрепляется.

По окончании работы по измерению и устранению асимметрии в антенне, рефлекторе и в фидере и после настройки рефлектора приступают к измерению коэффициента бегущей волны. Если в тракте: выходная ступень передатчика—фидер и фидер—антенна в местах перехода, входные сопротивления не согласованы, то на фидере появляется отражённая волна. При измерении распределения напряжения вдоль фидера появляются узлы и пучности, характеризуемые величинами $U_{макс}$, $U_{мин}$ (или $I_{макс}$, $I_{мин}$). Степень согласованности переходных сопротивлений определяется коэффициентом бегущей волны K.

Чем хуже согласование, тем меньше значение K по отношению к единице (иногда в графиках берут обратную величину).

Коэффициент бегущей волны K равняется отношению измеренных вдоль фидера значений напряжения пучности $U_{мин}$ к напряжению $U_{макс}$ в узле

$$K = \frac{U_{мин}}{U_{макс}}.$$

Для обеспечения получения в фидере высокого значения K необходимо иметь на конце нагрузку, близкую к волновому сопротивлению фидера $W_{ф}$.

В действительности нагрузка может значительно отличаться от этой величины и, кроме того, быть комплексной.

У некоторых типов антенн, например, синфазных, согласование сопротивлений достигается подбором волновых сопротивлений отдельных участков сети путём изменения диаметра проводов, числа их и расстояния между ними.

У синфазных антенн применяют также подключение к фидеру переходных устройств. Задачей переходного устройства является трансформация входного сопротивления (антенны) так, чтобы оно равнялось волновому сопротивлению фидера, и компенсация

реактивной слагающей. Наиболее простым видом переходного устройства является индуктивный шлейф, представляющий собой отрезок фидера, замкнутый на конце и подключаемый к основному фидеру в определённых точках (рис. XII.10).

Из теории известно, что отрезок фидера длиной в $\lambda/4$, замкнутый накоротко, представляет собой практически бесконечное сопротивление. Отрезок длиной меньше $\lambda/4$ является индуктивностью; изменением длины шлейфа от 0 до $\lambda/4$ можно получить любые значения индуктивности. Отрезок длиной больше чем $\lambda/4$ является ёмкостью. Линия длиной в $\lambda/2$, замкнутая на конце, представляет собой короткое замыкание. Если сопротивление антенны имеет комплексный характер и равно $R + jx$, где x — ёмкость, то можно найти на фидере такие точки, подключение к которым определённой индуктивности jx_1 в виде отрезка фидера (шлейфа) обеспечит необходимое согласование, и на фидере по направлению к передатчику установится бегущая волна. На распределении потенциалов на фидере по направлению к антенне подключение шлейфа не сказывается.

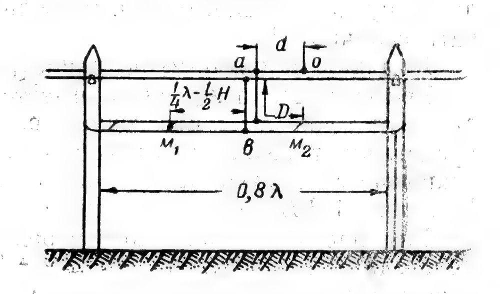


Рис. XII.10. Индуктивный шлейф

Корректирующий шлейф должен иметь длину D и подключаться на определённом расстоянии d от максимума напряжения по направлению к передатчику.

Значение d вычисляется по формуле:

$$\sin^2 md = \frac{1}{K + 1}.$$

где $K = \frac{U_{мин}}{U_{макс}}$ — коэффициент бегущей волны, определяемый экспериментально,

$md = \frac{360 d}{\lambda}$, где λ — рабочая длина волны.

Длина шлейфа D определяется из равенства:

$$\operatorname{ctg} mD = \frac{1 - K}{\sqrt{K}}.$$

По измеренному K вычисляют d и D и подвешивают шлейф длиной D на расстоянии d от первого максимума напряжения по направлению к передатчику.

Конструктивно корректирующее устройство (рис. XII.10) выполняется в виде отрезка фидера, натянутого между двумя столбами. Выше шлейфа на тех же столбах закреплён главный фидер. Шлейф подключён к фидеру в точке *а*. Если в точке *о* находится пучность напряжения, то величина *ао* должна соответствовать величине d.

Ломаная линия $ам_2$ по длине равна D.

Кроме мостика $м_2$, слева имеется второй мостик $м_1$. Он отстоит от точки *в* на расстоянии, равном $\lambda/4 - 1/2\ H$; отрезок $вм_1$ представляет собой достаточно большое сопротивление. Этим закрывается доступ высокочастотной энергии влево от точки *в*. Величина $1/2\ H$ равна половине длины закорачивающего мостика.

Для настройки включают передатчик и возбуждают фидер с присоединённой к нему антенной. Прибором определяют положение первого от антенны максимума и минимума напряжения, замечают эти точки и определяют K.

При определении положения точки максимума напряжения удобнее вначале найти более резко выраженное положение минимума и затем отмерить по направлению к антенне четверть волны. Это и будет точка с максимумом напряжения. Ход вычислений лучше всего показать на примере.

Предположим, что по измерениям

$$K = 0{,}3;\ \lambda = 30\ м.$$

Тогда

$$\sin md = \pm\sqrt{\frac{1}{K+1}} = \pm\sqrt{\frac{1}{1{,}3}} = \pm\ 0{,}88,$$

откуда $md = 62°$ или $md = 180° - 62° = 118°$.

Следует брать меньший угол, тогда

$$d = \frac{62 \cdot 30}{360} = 5{,}16\ м.$$

Следовательно, шлейф должен быть подвешен на расстоянии 5,16 *м* от зафиксированной точки максимума напряжения на фидере. Вычисляем длину самого шлейфа:

$$\operatorname{ctg} mD = \frac{1-K}{\sqrt{K}} = \pm\ 1{,}28,$$

$mD = 38°$ или $142°$ и здесь из двух значений следует взять меньшее.

Тогда

$$D = \frac{38 \cdot 30}{360} = 3{,}17\ м.$$

На шлейфе от точек его прикрепления к фидеру следует отложить 3,17 *м*.

По окончании расчётов находят вычисленные точки на фидере и отмечают место подвески шлейфа.

Кроме того, по обе стороны от фиксированной точки подвески шлейфа отмеряют и отмечают расстояния в 10, 20, 30, 40, 50, 100 *см*. Подвешивают к основным точкам шлейф длиной в 2 D, отмеряют D и ставят в этой точке перемычку (мостик). Точно так же, как и на фидере, на шлейфе отмечают несколько подсобных точек через каждые 10 *см* по обе стороны от мостика. Затем включают передатчик и измеряют новый коэффициент:

$$K = \frac{U_{мин}}{U_{макс}}.$$

Он должен получиться близким к единице. Если K сильно отличается от единицы, следует проверить вычисления, взятые расстояния и исправить ошибку. Если же $K \approx 0{,}8$—$0{,}85$, то следует перемещением мостика по шлейфу на одну отметку вверх или вниз попытаться его улучшить. Если K, наоборот, начинает уменьшаться, то возвращают мостик в исходное положение и передвигают по фидеру весь шлейф на одно деление ближе к антенне (или от антенны), измеряют K и определяют направление, в котором следует перемещать шлейф для увеличения величины K. Тогда, передвигаясь в этом направлении и изменяя плавно длину шлейфа, производят регулировку, пока не будет получено значение для K, близкое к 0,9 — 0,95.

Полученные окончательные точки закрепляют, припаивая перемычку к шлейфу и сам шлейф к фидеру.

После этого проверяют распределение напряжения вдоль всего фидера. Бегущая волна должна сохраниться на всём протяжении от передатчика до антенны. Если этого нет, отыскивают и устраняют причину появления стоячих волн.

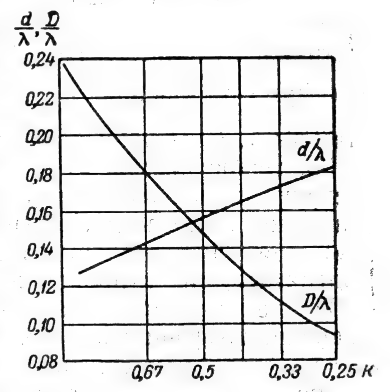


Рис. XII.11. График настройки фидера

Для упрощения настройки можно пользоваться графиком рис. XII.11. На нём по оси абсцисс отложено значение K, определяемое измерением, а по оси ординат — величины $\frac{d}{\lambda}$ и $\frac{D}{\lambda}$. Зная рабочую волну, легко вычислить значения d и D. Подстроеч-

ный шлейф включают ближе к антенне. В этом случае на значительной длине фидера устанавливается бегущая волна. Иногда применяют подвеску дополнительного второго шлейфа вблизи передатчика для улучшения согласования последнего с фидером. Это делают, если почему-либо вдоль фидера создаётся постепенное ухудшение величины K. Так, например, равномерная установка фидерных столбов приводит на некоторых частотах к резкому ухудшению K. Чтобы этого избежать, необходимо расстояние между столбами делать различным.

Вместо подвески шлейфа иногда применяют метод изменения сечения фидера, прикрепляя параллельно к основным проводам трубы или параллельные провода. При четырёхпроводном фидере можно изменять расстояние между двумя проводами одной стороны.

Коэффициент полезного действия фидера определяют, измеряя $U_{макс}$ и $U_{мин}$ в начале и в конце фидера

$$\eta = \frac{U'_{макс}\,U'_{мин}}{U_{макс}\,U_{мин}},$$

где $U'_{макс}$ и $U'_{мин}$ — напряжения, измеренные в конце фидера, а $U_{макс}$ и $U_{мин}$ — напряжения, измеренные в начале фидера.

Настройка диапазонно-синфазной антенны ведётся по методу настройки обычных синфазных антенн при помощи настроечного мостика в главном фидере и настройки рефлектора. Последний настраивается методом подбора места закорачивания мостика по минимуму отношения $\frac{E_0}{E_г}$, где E_0 — напряжённость поля позади антенны, а $E_г$ — напряжённость поля в главном направлении.

Настройку начинают с проверки правильности длины l_1 распределительных фидеров (см. рис. XII.2). Если антенна имеет два снижения, то после проверки длин l_1 у обоих снижений проверяют симметрию питания при разветвлении главного фидера на два фидера, идущих к правой и левой половинам антенн.

После этого приступают к настройке главного фидера для повышения коэффициента бегущей волны K. Так как настроечный мостик в главном фидере должен удовлетворять условиям работы двух волн, то его параметры выбираются компромиссным путём. Для этого измеряют естественный коэффициент бегущей волны на питающем фидере и находят положение нескольких минимумов напряжения (4—5) как для одной, так и для другой рабочей волны. Отмечают точки *а* для минимумов (рис. XII.12) первой волны — λ_1 и точки *б* второй волны — λ_2 и затем по измеренным K_1 и K_2 подсчитывают, пользуясь кривыми, соответствующие значение D_1; d_1 и D_2; d_2. Задача настройщика — найти на фидере такие две точки, где положения d_1 и d_2 наиболее близко

совпадают. Степень совпадения характеризуется отрезками $м_1$, $м_2$ и т. д. Находят по середине отрезка точку x и в этой точке за-

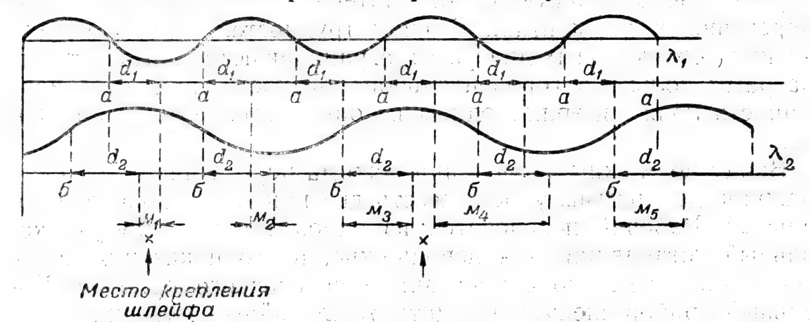


Рис. XII.12. Определение точек присоединения шлейфа

крепляют шлейф. Длину шлейфа берут равной средней длине из двух подсчитанных значений для отдельных волн. Затем приступают к настройке рефлектора. Сначала ведут настройку на средней волне коротковолновой части диапазона. Определяют минимум отношения $\frac{E_0}{E_г}$ для одной волны, а затем для другой и выбирают такое положение мостика, при котором для обеих волн получаются удовлетворительные результаты. Если это не удаётся, прибегают к более сложной настройке комбинированными шлейфами.

На рис. XII.13 приведены экспериментальные данные, полученные при настройке одной из диапазонных антенн. Коэффициент бегущей волны лежит в пределах 0,7—0,8 во всём рабочем диапазоне волн (заштрихованные участки). На этом же чертеже показано отношение $\frac{E_0}{E_г}$.

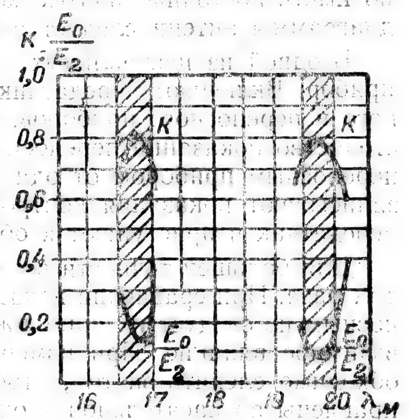


Рис. XII.13. Экспериментальные данные настройки диапазонной антенны

XII.5. Снятие горизонтальных диаграмм направленности антенн

Как показал эксплуатационный опыт, периодическое снятие диаграмм направленности антенн является совершенно необходимым.

Диаграммы в ряде случаев помогали своевременно обнаружить неправильную работу антенн и внести необходимые коррективы в их монтаж. В силу трудностей, сопряжённых со снятием вертикальных диаграмм, ограничиваются обычно снятием диаграмм только в горизонтальной плоскости, при этом напряжённость поля измеряют одним из описанных выше индикаторов.

Ввиду возможных колебаний режима передатчика при снятии полярной диаграммы удобно иметь два прибора: рабочий и контрольный. Рабочий переносится из одной точки в другую, контрольный устанавливается неподвижно, и его показания записываются одновременно с показанием переносного прибора. Контрольный прибор следует оградить от случайных толчков.

Снятие полярной диаграммы заключается в разбивке точек измерения на территории, измерении напряжённости поля в этих точках и обработке полученных данных. Разбивку точек можно произвести, руководствуясь имеющимся генеральным планом территории или производя геодезическую съёмку.

Во всех случаях в намеченных для измерения точках удобно иметь постоянно вбитые колышки, так как снятие полярной диаграммы антенн следует периодически повторять.

В одной из центральных точек устанавливают контрольный прибор. Включают передатчик. Сравнивают показания контрольного и переносного приборов. Проверяют лёгкими толчками постоянство показаний переносного прибора. Быстро переходят с переносным прибором от одной точки к другой и одновременно записывают показания контрольного прибора, затем выключают передатчик и приступают к обработке полученных измерений.

Для большей точности все измерения следует повторить два—три раза. При сравнении показаний контрольного прибора с переносным не следует их приближать друг к другу, чтобы устранить взаимное влияние. При измерениях с переносным прибором необходимо следить за тем, чтобы его вибраторы были всегда направлены по касательной к окружности, описываемой вокруг измеряемой антенны.

Для исключения влияния непостоянства режима передатчика следует каждое показание переносного прибора разделить на соответствующее по времени показание контрольного прибора. На основании полученных цифр вычерчивают полярную диаграмму.

На том же чертеже для сравнения наносят теоретически рассчитанную полярную диаграмму, и, если будет обнаружено большое расхождение, следует тщательно проверить правильность монтажа всей антенны и в особенности правильность соединения вспомогательных фидеров после разветвления главного фидера.

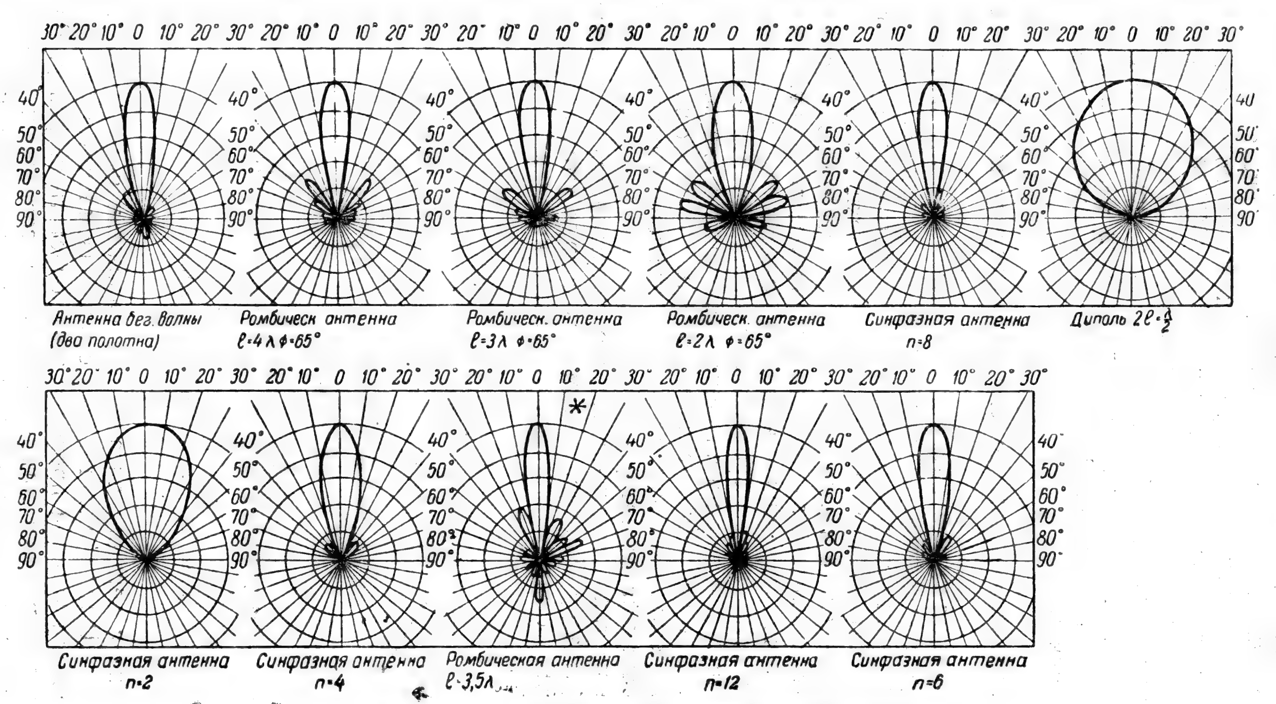


Рис. XII.14. Горизонтальные полярные диаграммы

* Диаграмма снята экспериментальным путём

Нужно иметь в виду, что на форму полярной диаграммы влияют все окружающие антенну сооружения — такелаж мачт, строения и т. п. В некоторых случаях искажения по этим причинам могут оказаться очень большими. На рис. XII.14 показаны горизонтальные полярные диаграммы различных антенн. На этом рисунке под величиной l понимается для ромбических антенн длина одной стороны полотна, для диполя — длина половинок его. Величина n для синфазных антенн означает количество диполей в одном ряду.

XII.6. Радиовещательные антенны для средних волн 200—2000 *м*

Радиовещательные антенны для средних волн за последние годы осуществляются, главным образом, в виде свободно стоящих башен-антенн или мачт-антенн на оттяжках. Такая опора-антенна устанавливается в удалении от технического здания с тем, чтобы сделать излучение электромагнитного поля более равномерным и вынести за пределы сильного поля сооружения, могущие явиться источниками потерь электромагнитной энергии.

Основными типами средневолновых антенн являются: антенны с нижним питанием и антенны с верхним питанием.

Антенны с нижним питанием должны иметь у основания изоляцию от земли. Это осуществляется установкой основания башни или мачты на изоляторы.

Питание такой мачты-антенны осуществляется по высокочастотному фидеру. У основания мачты сооружается антенный павильон для установки деталей антенного контура.

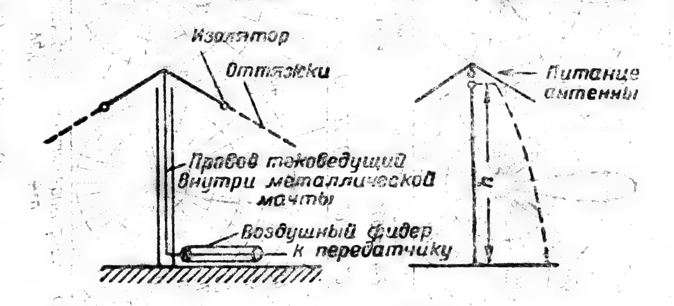


Рис. XII.15. Антенна с верхним питанием

Антенна с верхним питанием, предложенная Г. З. Айзенбергом (рис. XII.15), представляет собой заземлённую башню или мачту, внутри которой проходит высокочастотный фидер. Вверху мачты подвешивается зонтичная антенна, состоящая из четырёх проводов, растянутых оттяжками на четыре стороны. Вверху

мачты нет никаких органов настройки. Питание антенны производится аналогично питанию коротковолновых антенн непосредственно фидером. Для получения в фидере бегущей волны входное сопротивление антенны подбирается равным или близким к волновому сопротивлению фидера. Работа антенны в диапазоне волн достигается снижением волнового сопротивления путём изменения конструктивных параметров фидера и антенны.

За последнее время предложен ряд вариантов антенн-мачт. В одном варианте тело изолированной мачты служит питающим проводом, а верхние оттяжки не имеют изоляторов и заземлены. Эта антенна подобна несимметричной шлейф-антенне. В другом варианте тело мачты окружено изолированным от него проволочным цилиндром, заземлённым и нижнего конца. Такая конструкция позволяет укоротить «электрическую длину» антенны, так как экранированная часть мачты служит фидером. Применяются также антенны шунтового питания.

Радиовещательная антенна средних волн должна обладать на рабочей волне антифединговыми свойствами. Колебания силы приёма вследствие замирания являются результатом сложения в произвольных фазах земной и пространственной волн. Для уменьшения замирания необходимо уменьшить силу поля пространственной волны. Следовательно, полярная диаграмма антенны в вертикальной плоскости должна быть прижатой к земле.

Энергия излучения такой антенны перераспределяется. Интенсивность земной волны значительно возрастает, излучение под высокими углами к горизонту уменьшается. Если высота антенны не более 0,3 λ, то с увеличением угла наклона к горизонту распределение энергии уменьшается по закону косинуса.

На рис. XII.16 диаграмма распределения энергии (при $h \leqslant 0{,}3\lambda$) близка к полуокружности. Для этого случая справедлива известная из учебников формула напряжённости поля:

$$E = \frac{300\sqrt{P_\Sigma}}{d}.$$

Для антифединговых антенн указанная закономерность нарушается, что видно из кривых для $h = 0{,}5\lambda$ и $h = 0{,}625\lambda$. Излучение вдоль земной поверхности по сравнению с излучением под большими углами к горизонту сильно возрастает. Изменение напряжённости поля, зависящее от соотношения h/λ, под различными углами к горизонту показано на рис. XII.17, где по оси ординат отложено отношение E к $E_{90°}$ (при угле отклонения от вертикали, равном 90°). На рис. XII.18 показано распределение энергии вдоль земной поверхности в абсолютных единицах в зависимости от того же соотношения h/λ.

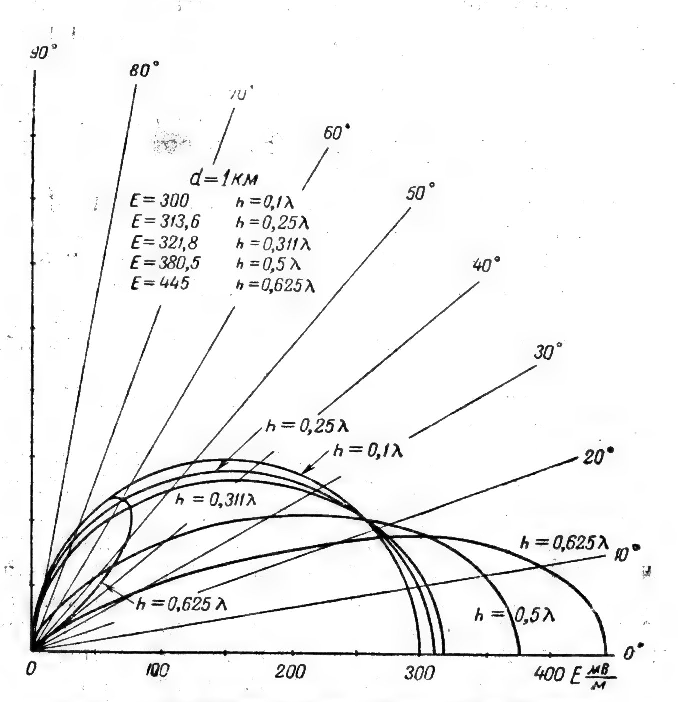


Рис. XII.16. Вертикальные полярные диаграммы

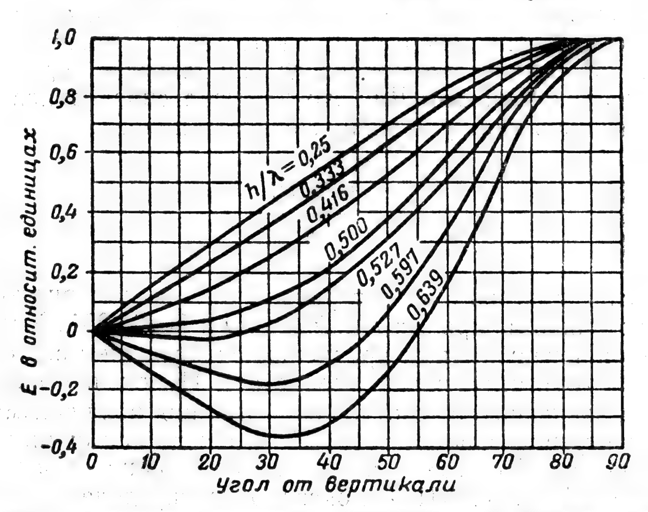


Рис. XII.17. Характер изменения напряжённости поля для различных отношений h/λ

Из приведённой кривой *A* видно, что максимальной напряжённости поля вдоль земной поверхности соответствует $\frac{h}{\lambda}=0{,}64$.

Однако такая антенна не будет обладать наилучшими антифединговыми свойствами вследствие появления лепестка дополнительного излучения под большим углом к горизонту (рис. XII.16) и лучше применить меньшие значения $\frac{h}{\lambda}$.

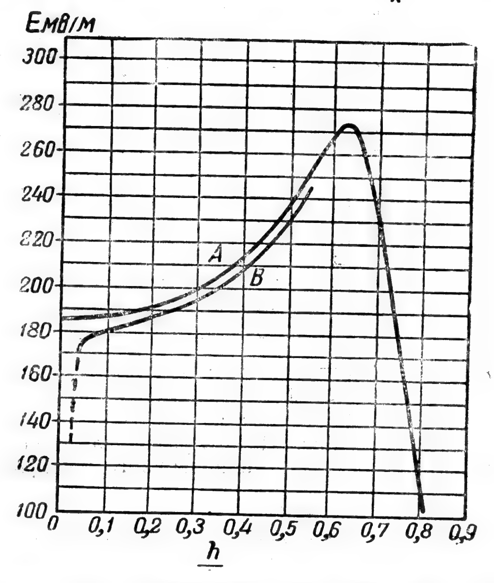


Рис. XII.18. Изменение напряжённости поля у земли в зависимости от отношения h/λ

Кривая *A* (рис. XXII.18) вычислена теоретически для металлических мачт равного сечения, т. е. в предположении синусоидального распределения тока вдоль антенны.

Действительные значения напряжённости поля получаются несколько меньшими: кривая *B* на рис. XII.18 соответствует напряжённости поля для 1 *квт* излучённой мощности, по данным измерений реально выполненных антенн с хорошим заземлением, в 120 радиально расходящихся лучей.

Для короткой вертикальной антенны $\left(\frac{h}{\lambda}=0{,}2\right)$ при хорошей проводимости почвы, мощности излучения, приведённой к 1 *квт*, и расстоянии, равном 1,6 *км*, принимают $E=186$ *мв/м* (300 *мв/м* для расстояния в 1 *км*).

Средние данные, полученные для ряда антенн с учётом не излучаемой, а подводимой к антенне мощности, равны следующим значениям:

Г- и Т-обр. малые антенны на судах		$E=25$ *мв/м*
вертикальный провод высотой	0,15 — 0,25	$E=150$ „
то же	0,25 — 0,4	$E=175$ „
„	0,4 — 0,6	$E=220$ „
вертикальная антенна с горизонтальной частью наверху, эквивалентная предыдущей		$E=220$ „

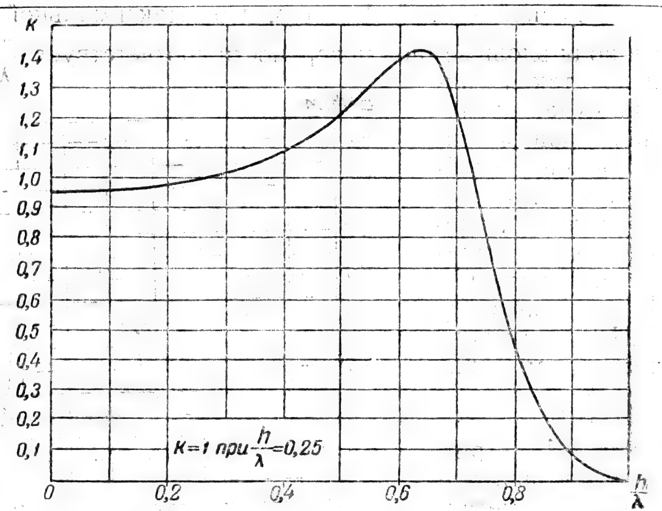


Рис. XII.19. График для определения величины поправочного коэффициента $к$

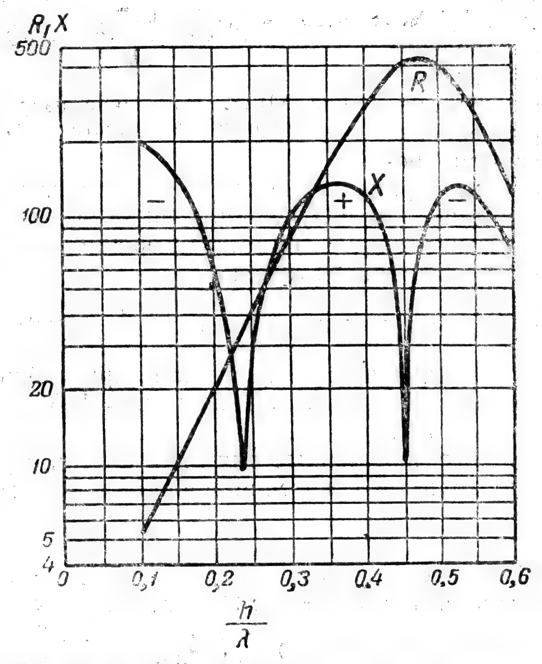


Рис. XII.20. График для определения активного и реактивного сопротивлений мачт-антенн

Из изложенного видно, что, применяя антифединговые антенны, можно получить значительное увеличение напряжённости поля земной волны, т. е. антифединговые антенны как бы увеличивают мощность станции за счёт более выгодного распределения энергии излучения. Но это не изменяет, конечно, общей величины мощности излучения. Поэтому ошибочно применять на близком расстоянии от передатчика формулу для мощности излучения:

$$P_\Sigma = \left(\frac{Ed}{300}\right)^2,$$

так как при этом можно получить кпд антенны больше единицы.

Для расчёта следует применять поправочный коэффициент $к$, учитывающий действительное распределение энергии в пространстве:

$$P_\Sigma = \left(\frac{Ed}{300 \cdot к}\right)^2.$$

Значения $к$ приведены на рис. XII.19.

Для определения омического и реактивного сопротивлений мачт-антенн с оттяжками можно использовать кривые рис. XII.20, полученные на основе измерений большого числа реально выполненных антенн.

XII.7. Анализ эффективности средневолновых антенных систем

Стоимость одного киловатта энергии высокой частоты достаточно велика и поэтому необходимо принять все меры к уменьшению потерь энергии высокой частоты, поступающей в антенну, и к максимальному использованию её по прямому назначению.

Подведённая к антенне мощность равна:

$$P = I_A^2 R_A,$$

где P — мощность высокой частоты, I_A — ток в антенне и R_A — полное сопротивление антенны, отнесённое к месту измерения тока.

Полное сопротивление антенны может быть разбито по исследованиям М. В. Шулейкина на отдельные слагаемые:

1. Сопротивление излучения R_Σ, равное в общем случае

$$R_\Sigma = 160\pi^2 \left(\frac{h_\partial}{\lambda}\right)^2,$$

где h_∂ — действующая высота радиосети, λ — рабочая волна.

2. Сопротивление R_2, эквивалентное потерям на диэлектрический гистерезис в окружающих радиосеть диэлектриках: в изоляторах, мачтах, строениях, деревьях и т. п.:

$$R_г = f_1(\lambda).$$

Эти потери могут достигать больших значений. Поэтому целесообразно применять для изоляторов только материалы, имеющие малые потери, как например стеатит. Достаточно указать, что одни только потери в фарфоре могут поглощать 10—12% всей энергии.

Не меньшее внимание следует обращать на устранение из сильного поля у основания антифединговых антенн несовершенных диэлектриков бетонных фундаментов и площадок, антенных павильонов и т. п. Все они должны быть тщательно покрыты сверху металлическим экраном, соединённым с общим заземлением.

Кроме того, учитывая, что антифединговые мачты имеют у основания высокий потенциал напряжения, стремятся уменьшить ёмкость системы по отношению к земле, устраивая высокие узкие фундаменты и применяя сильное сужение сечения мачты у основания.

Образец такого устройства, показанного на рис. XII.21, имеет узкое сечение нижней части мачты и тщательно экранированный антенный павильон, медная обшивка которого переходит в медное листовое покрытие, уложенное на земле вокруг мачты. К этому покрытию приварены расходящиеся радиально лучи заземления.

3. Сопротивление $R_ф$, эквивалентное потерям на вихревые токи в окружающих радиосеть металлических массах, мачтах, оттяжках, трубах и т. д. и равное

$$R_ф = f_2\left(\frac{1}{\lambda}\right).$$

Произведённые наблюдения не подтверждают наличия значительных потерь в металлических массах, но всё же влияние последних достаточно велико.

Указанные потери энергии не только уменьшают излучаемую мощность, но и искажают форму вертикальной полярной диаграммы. Так, например, отмечено, что излучаемая энергия, проходя через фронт других антенн, частично теряется и изменяет своё направление в вертикальной плоскости. Однако это не может быть отнесено к резонансным явлениям, так как при повторном измерении, когда полотна могущих резонировать антенн были опущены на землю, потери сохранились.

4. Сопротивление $R_м$, эквивалентное потерям на индукцию в окружающих антенну резонирующих цепях—оттяжках, посторонних проводах и т. д.:

$$R_м = f_3(\lambda^{1/2}).$$

Резонансные явления в такелаже и мачтах частично поглощают энергию и сильно влияют на диаграммы излучения.

Так, в одном случае большая металлическая башня полностью экранировала излучение энергии в одном из направлений. Аналогичный случай зафиксирован при подвесе полотна антенны к Эйфелевой башне в Париже.

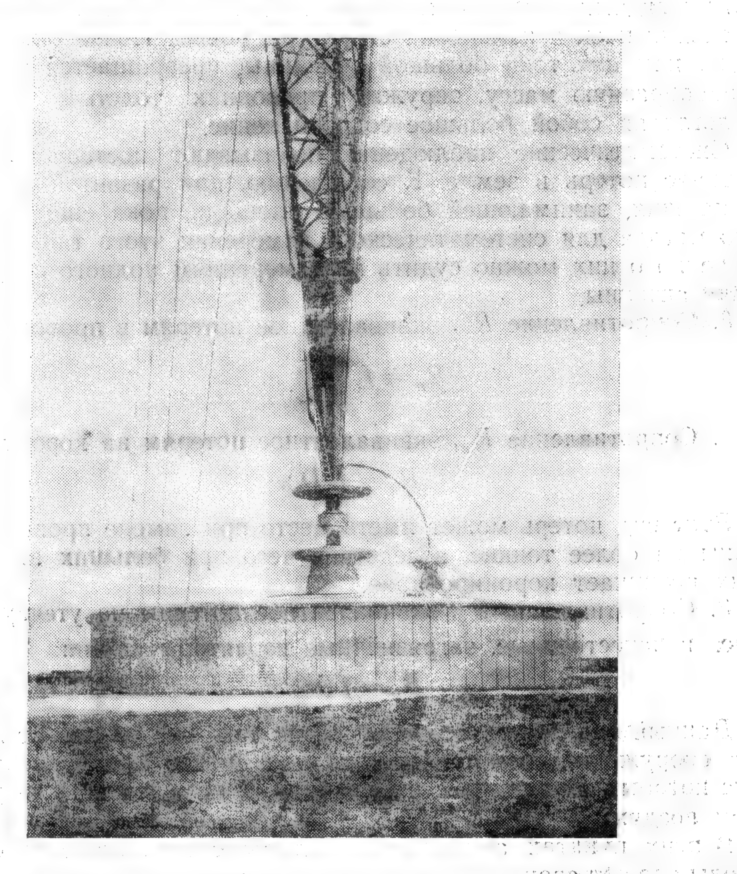


Рис. XII.21. Конструкция основания мачты для уменьшения потерь в земле

Во многих случаях использования деревянных мачт подъёмные тросы резко изменяли распределение излучаемой энергии. Форма полярной диаграммы изменялась в зависимости от длины волны.

5. Сопротивление $R_{пр}$, эквивалентное потерям на токи проводимости в земле под антенной:

$$R_{пр}=f_{н}(\lambda^{2\div 2,5}).$$

Эти потери могут возрасти в большой степени из-за неправильной конфигурации заложенного заземления, когда токи большой силы вынуждены использовать кружные пути, преодолевая большое сопротивление. Сопротивление R_{np} особенно может возрасти с годами вследствие обрывов и изнашивания проводов, окисления паек и изменения структуры почвы. Почва около проводов, несущих токи большой величины, превращается в сухую шлакообразную массу, окружая проводник толстым слоем и представляя собой большое сопротивление.

Систематические наблюдения показывают постепенное возрастание потерь в земле. К сожалению, при развитой системе заземления, занимающей большую площадь, пока ещё нет точного метода для систематического измерения этого типа потерь. Косвенно о них можно судить по измерениям полного сопротивления антенны.

6. Сопротивление R_n, эквивалентное потерям в проводах:

$$R_n = f_5\left(\frac{1}{\lambda}\right).$$

7. Сопротивление R_κ, эквивалентное потерям на корону:

$$R_\kappa = f_6(\lambda).$$

Этот вид потерь может иметь место при замене проводов антенны на более тонкие, вследствие чего при больших напряжениях возникает коронирование.

8. Сопротивление R_y, эквивалентное потерям на утечку тока через некачественные, загрязнённые изоляторы антенн:

$$R_y = f(\lambda^2).$$

Данный вид потерь особенно велик там, где вблизи от антенных сооружений имеются заводы или другие предприятия, работа которых сопряжена с выделением сажи и с общим загрязнением воздуха.

В этих пунктах антенные изоляторы с наступлением сырой погоды теряют свои изолирующие качества, ток утечки резко возрастает и наступает перекрытие. Поэтому для обеспечения нормальной эксплуатации необходимо принимать меры по усилению изоляции антенны, надевая на концы изоляторов защитные колпаки и систематически очищая изоляторы. Следует также следить за состоянием изоляторов у основания мачт и за грозозащитными устройствами.

Анализируя типы потерь, нетрудно видеть, что имеют место четыре группы потерь, пропорциональные:

$$\lambda^2;\ \lambda;\ \frac{1}{\lambda};\ \lambda^{1/2}.$$

В целях упрощения вычислений можно обобщить некоторые виды потерь и принять, что общее сопротивление антенны R_A распределяется на три вида сопротивлений:

сопротивление излучения

$$R_\Sigma = F_1\left(\frac{1}{\lambda^2}\right);$$

сопротивление потерь в проводах, на вихревые токи в металле и др.

$$R_n = F_2\left(\frac{1}{\sqrt{\lambda}}\right);$$

сопротивление потерь в диэлектриках

$$R_г = F_3(\lambda),$$

и, следовательно, заменяя λ на f, получим общее сопротивление антенны

$$R_A = K_1 f^2 + K_2\sqrt{f} + K_3\frac{1}{f}.$$

Измеряя R_A одним из известных методов, снимают зависимость:

$$R_A = F(f).$$

Взяв на кривой этой зависимости три точки для трёх различных волн и соответствующие им значения R_A, можно составить три уравнения:

$$R_{A_1} = K_1 f_1^2 + K_2\sqrt{f_1} + K_3\frac{1}{f_1},$$

$$R_{A_2} = K_1 f_2^2 + K_2\sqrt{f_2} + K_3\frac{1}{f_2},$$

$$R_{A_3} = K_1 f_3^2 + K_2\sqrt{f_3} + K_3\frac{1}{f_3}$$

и, решив их, определить значения K_1, K_2 и K_3.

Кроме того, величина K_1 может быть определена непосредственным измерением R_Σ.

Определив составляющие общего сопротивления, можно судить о необходимых мероприятиях для улучшения электрических данных измеряемой антенной системы.

В качестве примера можно привести следующие величины распределения потерь, полученные для антенной системы радиостанции, работающей на очень длинной волне — 16 500 *м*.

Сопротивление излучения	0,05	*ом*	12,5%
Сопротивление заземления	0,10	„	25%
Сопротивление удлинительной катушки	0,14	„	35%
Сопротивление проводов	0,05	„	12,5%
Потери на изоляцию и пр.	0,06	„	15,0%
Полное сопротивление антенны	0,40	„	100%

Таким образом, коэффициент полезного действия равен всего лишь:

$$\eta_A = \frac{R_\Sigma}{R_n} = 12{,}5\%$$

XII.8. Снятие полярных диаграмм средневолновых антенных систем

Как уже отмечалось, для определения эффективности антенной системы и проверки правильности её работы снимают полярные диаграммы излучения энергии. На основе произведённых измерений можно определить проводимость почвы в данной местности, кпд антенной системы и мощность, излучаемую антенной.

В случае получения низкого кпд антенны необходимо, производя различные изменения в антенной системе, измерять напряжённость поля в одной точке и изучать по полученным новым значениям причину снижения кпд. Обычно причиной низкого кпд антенны являются неудовлетворительное выполнение или нарушение целости заземления, наличие непредвиденных потерь в оттяжках и такелаже мачт, большие потери в здании антенного павильона, не имеющего необходимого экранирования, и т. д.

Эффективность антенной системы, а также степень излучения гармоник определяются при помощи специальных компараторов, измеряющих абсолютную напряжённость поля, или при помощи более простых приборов, представляющих собой комбинацию из приёмной рамки и лампового вольтметра. Эти приборы могут систематически градуироваться по компаратору.

Для снятия полярной диаграммы объезжают кругом на некотором расстоянии антенное устройство и в намеченных точках производят измерение напряжённости поля. Полученные данные наносят на карту в определённом масштабе, откладывая векторы по радиусам окружности, центром которой является расположение антенного устройства.

Концы векторов соединяют между собой и получают замкнутую кривую или полярную диаграмму антенны, дающую поня-

тие о распределении излучаемой энергии в горизонтальной плоскости.

Мощность излучения может быть определена по формуле:

$$P_{\Sigma} = \frac{d^2}{300^2}\left[\frac{E_1^2 + E_2^2 + \ \ldots E_n^2}{n}\right],$$

где E_1, E_2 . . . E_n—напряжённости поля в *мв/м*, измеренные в разных местах круга, n — число измерений, P_{Σ} — мощность излучения в *квт*, d — расстояние в *км* (радиус окружности).

Кажущаяся простота снятия полярных диаграмм в действительности приводит иногда к неверным выводам и результатам. Необходимо учитывать следующие факторы:

Из теории электромагнитного поля следует, что для малых расстояний от излучающего провода справедливо выражение:

$$E = \frac{30\lambda I h_{\partial}}{\pi d^3} + j\frac{60 I h_{\partial}}{d^2} - \frac{120\pi I h_{\partial}}{\lambda d},$$

где E — напряжённость электрического поля в *в/м*, λ — волна в *м*, I — ток в пучности антенны в *а*, h_{∂} — действующая высота сети в *м*, d — удаление от антенны в *м*.

В непосредственной близости от антенны основное значение имеют первые два члена; при удалении на расстояние

$$d = \frac{\lambda}{2\pi} = 0{,}16\,\lambda$$

все три члена имеют одинаковое значение. При удалении на расстояние $d = 1{,}6\,\lambda$ первый член равен 1%, а второй — 10% от третьего и, следовательно, поле всё ещё будет создаваться тремя членами.

Поэтому измерения производят на расстояниях не ближе $2{,}5 \div 3$ длин волн, когда можно использовать формулу:

$$E = \frac{120\pi I h_{\partial}}{\lambda d}.$$

При дальнейшем удалении от антенны необходимо вводить в формулу не учтённый ею множитель затухания.

Значение h_{∂} предполагается значительно меньшим по сравнению с длиной волны, что имеет место при длинноволновых антеннах, и для этого случая справедливы следующие выражения:

сопротивление излучения в вертикальной плоскости

$$R_{\Sigma} = 160\,\pi^2\left(\frac{h_{\partial}}{\lambda}\right)^2.$$

Пользуясь записанным выше выражением для E, определяем $\left(\frac{h_\partial}{\lambda}\right)^2$:

$$\frac{h_\partial}{\lambda}=\frac{Ed}{120\pi I} \text{ и } \left(\frac{h_\partial}{\lambda}\right)^2=\frac{1}{144\cdot 10^2\pi^2}\left(\frac{Ed}{I}\right)^2,$$

откуда

$$R_\Sigma=\frac{160\pi^2}{144\cdot 10^2\pi^2}\left(\frac{Ed}{I}\right)^2=\frac{1}{90}\left(\frac{Ed}{I}\right)^2 \text{ ом};$$

мощность излучения:

$$P_\Sigma=I^2R_\Sigma=\left(\frac{Ed}{300}\right)^2 \text{ квт, где}$$

E выражено в *мв/м*, а d — в *км*.

Обычно этой формулой пользуются для быстрого определения величин. Однако для большинства средневолновых антенн ток вдоль антенны распределён неравномерно, и нужно внести поправку k на истинное распределение поля. С достаточной точностью для этой цели можно использовать кривую рис. XII.19. Для антифединговых антенн мощность излучения может быть вычислена по формуле:

$$P'_\Sigma=\left(\frac{Ed}{300}\cdot\frac{1}{k}\right)^2.$$

Напряжённость поля на расстояниях от передатчика, при которых можно не считаться с кривизной земли, и при определённой для данной местности проводимости почвы определяется выражением:

$$E=300\sqrt{P_\Sigma}\cdot\frac{1}{d}k\,f(\rho) \text{ мв/м},$$

где P_Σ — в *квт*, d — в *км*, ρ — численное расстояние.

В диапазоне длинных и коротких волн, когда можно пренебречь токами смещения по сравнению с токами проводимости,

$$\rho=\frac{\pi\cdot 10^{-15} d\,\text{км}}{6\,\sigma\,\lambda^2\,\text{км}}.$$

где — проводимость почвы в электромагнитных единицах.

Затухание тем выше, чем больше ρ, а ρ тем больше, чем меньше проводимость земли и меньше длина волны.

Поэтому затухание различно при расположении станции в различных по характеру местности районах. Засушливые районы,

пески, пустыни обладают бо́льшим затуханием, чем места сырые, болотистые.

Средние значения проводимости почвы для различных условий приведены в табл. XII.4.

Таблица XII.4

Проводимость земной поверхности

Вид поверхности	Проводимость, σ	Диэлектрическая постоянная, Σ
Морская вода	$4 \cdot 10^{-11}$	80
Пахотная степь с небольшими возвышенностями	10^{-13}	15
Болотистая, плоская почва, покрытая лесом	$8 \cdot 10^{-14}$	12
Пресная вода	$5 \cdot 10^{-14}$	80
Пастбища с умеренными холмами, частью покрытые лесом	$5 \cdot 10^{-14}$	13
Плоская сухая прибрежная полоса с песчаной почвой	$2 \cdot 10^{-14}$	10
Каменистая, холмистая местность	$2 \cdot 10^{-14}$	10
Города, жилые кварталы	$2 \cdot 10^{-14}$	5
Гористая местность	10^{-14}	5
Города, индустриальные сооружения	10^{-15}	3

Практические измерения в условиях Австралии для равнин и мало пересечённой местности дают значение $\sigma = 10^{-13}$ и для гористых и населённых мест — $2 \cdot 10^{-14}$.

Проводимость земли в заданном районе может быть определена следующим методом:

Измеряют на близком расстоянии d_1 от передатчика напряжённость поля E и определяют мощность излучения P_Σ в этом направлении с учётом распределения тока в антенне. Расстояние берут в соответствии с вышесказанным о влиянии ближнего поля. Отъезжают на некоторое большее расстояние d_2 от передатчика и вновь измеряют напряжённость поля. При заметном удалении от передатчика в измеренное значение поля E_x будет входить затухание, вызванное сопротивлением почвы.

Далее вычисляется по известному P_Σ (определённому первым измерением) для расстояния d_2 напряжённость поля E_0:

$$E_0^{мв/м} = \frac{300\sqrt{P_\Sigma^{квт}}}{d_2^{км}},$$

зная E_x и E_0, определяют $f(\rho) = \frac{E_x}{E_0}$ и вычисляют значение:

$$\rho = \frac{[0{,}3 - f(\rho)] + \sqrt{0{,}09 + 4{,}2\,f(\rho) - 3{,}8\,f(\rho)^2}}{1{,}2\,f(\rho)}$$

или определяют ρ по графику рис. XII.22.

$$\rho = f(\rho)$$

Подставляя значение ρ, определяют проводимость почвы:

$$\sigma = 471 \cdot 10^3 \frac{d_{км}}{\lambda_{км}^2\,\rho}\,\text{CGSE} = \frac{4\,H \cdot 10^3}{9 \cdot 10^{20}} \cdot \frac{d_{км}}{8_{км}^2\,\rho}\,\text{CGSM}.$$

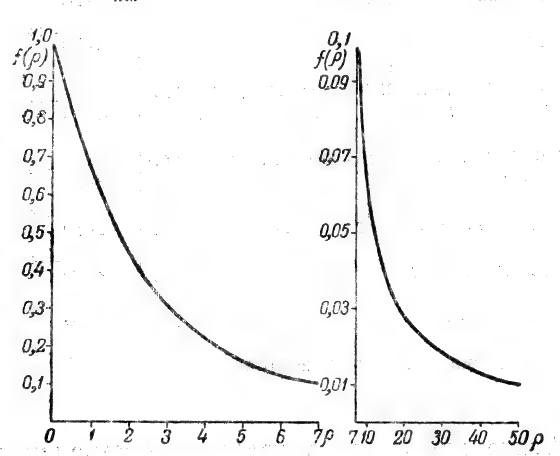


Рис. XII.22. График для определения численного расстояния

При снятии полярных диаграмм сначала осматривают сооружения. Все тросы, изоляторы, элементы грозозащиты и светоограждения должны быть в полной исправности. Детали, подлежащие заземлению, должны быть присоединены к заземляющим шинам и т. п. Хорошей проверкой состояния такелажа антенны является измерение сопротивления антенны в ветреную погоду. Сильное качание стрелок приборов свидетельствует о недостатках в такелаже.

Далее на карте местности намечают точки для измерения. Их следует выбирать на открытой местности. Точки измерения в лесу или вблизи зданий дадут неправильное повышенное затухание. Следует не приближаться к зданиям, телефонным проводам и линиям электропередач на расстояние, меньшее, чем 100 *м*. Число точек измерений должно быть не менее десяти. Удаление от радиостанции должно быть по возможности одинаковым для всех точек. Измерение проводят при номинальной мощности передатчика. Если в целях экономии электроэнергии принято решение снимать диаграмму при пониженной мощности, то необходимо проверить предварительно наличие пропорциональности между измеряемой напряжённостью поля и током в антенне. Установив компаратор в одной из точек, снимают зависимость $E = f(I\ )$.

Снятию полярной диаграммы должна предшествовать проверка правильности настройки передатчика на номинальную мощность.

Для этого снимают зависимость $R_A = f(\lambda)$ и определяют номинальный ток в антенне, который следует поддерживать для сохранения номинальной мощности. Напряжённость поля измеряют при отсутствии модуляции.

Для учёта затухания снимают сначала зависимость $E=F(d)$, отъезжая от радиостанции по прямой по одному из радиусов и определяя величину $f(\ )$. Затем совершают круговой объезд и замеры напряжённости поля. На основе данных измерений вычисляют мощность излучения, подставляя полученные значения в формулу:

$$P_{\Sigma} = \frac{d^2}{\kappa^2 (300)^2 f(\rho)^2} \cdot \left[\frac{E_1^2 + E_2^2 + \ldots . E_n^2}{n} \right].$$

Кпд антенного устройства определяют по отношению:

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_A}.$$

Если измерение колебательной мощности передатчика $P_{колеб}$ производилось калориметрическим способом, то дополнительно можно определить кпд высокочастотного тракта, учитывающий потери в колебательных контурах и в фидере:

$$\eta_к = \frac{P_A}{P_{колеб}},$$

где P_A определено по измеренному сопротивлению антенны R_A из соотношения: $P_A = I_A^2 R_A$.

XII.9. Измерение собственной волны антенны

Наиболее простым способом измерения собственной волны антенны является резонансный метод. От антенны отключаются элементы настройки и вместо них включается 1—2 витка провода. Последовательно с витком включают термоприбор. Антенну возбуждают от лампового гетеродина и, меняя частоту, находят по максимуму тока индикатора момент резонанса. Частоту резонанса измеряют волномером или по графикам градуировки гетеродина. Измеренная частота и будет соответствовать длине собственной волны антенны.

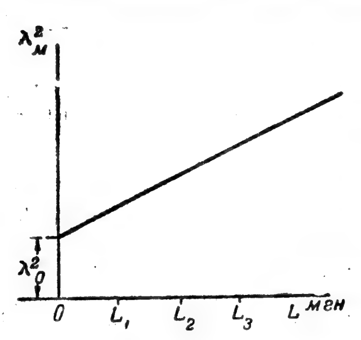


Рис. XII.23. График для определения собственной волны антенны

Для повышения точности измерения можно получить ряд точек, включая в сеть последовательно эталонные индуктивности L_1, L_2, L_3 и т. д. Снова возбуждают антенну и каждый раз находят резонансную волну данной индуктивности. Далее строят график зависимости $\lambda^2 = F(L)$. Эта зависимость прямолинейна. Продолжают прямую до оси ординат. Квадрат собственной длины волны антенны определится ординатой при $L = 0$ (рис. XII.23).

XII.10. Уход за антенными сооружениями

Крупный современный радиоцентр использует для подвески антенн и фидеров значительное количество различных опор. Применение опор того или иного вида в большой степени зависит от местных условий. Ранее преобладающее применение имели деревянные опоры. В настоящее время применяются как деревянные, так и металлические опоры.

Ромбические антенны и несложные малодипольные антенны подвешиваются к деревянным одно- или многоствольным мачтам на оттяжках. Более сложные многодипольные антенны подвешиваются к металлическим башням, изготовленным из труб или угловой стали.

Средневолновые и длинноволновые антенны ранее, как правило, подвешивались к деревянным мачтам. В настоящее время в связи с широким использованием тела мачты в качестве излучающего проводника повсеместно используются металлические мачты-антенны. Деревянные мачты сохранились в незначительном количестве.

Для подвески коротковолновых антенн разработаны типовые деревянные одноствольные мачты высотой в 25, 30, 45 *м* и трёхствольные высотой в 55 *м*.

Для подвески сложных синфазных антенн разработаны металлические башни из труб высотой в 65; 87,5; 110 и 125 *м*. Если сооружение антенны на данное направление вызвано временным требованием, то применяется также подвеска синфазных антенн к П-образным сдвоенным деревянным мачтам.

Металлические мачты-антенны изготавливаются высотой от 70 до 220 *м*.

Уход за антенными сооружениями заключается в периодическом осмотре и проведении текущего и капитального ремонтов. Кроме того, периодически проверяются электрические характеристики антенны и элементы согласования антенны с питающим фидером. В зависимости от объёма антенного хозяйства для его обслуживания в штате радиоцентра предусматриваются или постоянно действующие антенные бригады, или, при малых объёмах, выделяется мачтмейстер с двумя-тремя верхолазами.

В состав антенных бригад крупных радиоцентров входят инженер, техник, мачтмейстер, несколько верхолазов-мачтовиков и подсобных рабочих.

На крупных радиоцентрах, как правило, введён ежедневный осмотр антенных сооружений. Весь персонал радиоцентра должен быть проинструктирован относительно порядка сообщения старшему по смене о замеченных непорядках на антенном поле.

Осмотр производится последовательным обходом сооружений и проверкой состояния антенных опор, полотен и такелажа. Осматривающий должен иметь при себе бинокль и записную книжку для записи дефектов, обнаруживаемых при осмотре. Периодические осмотры производят не только в дневное время, но и ночью, когда хорошо видны места случайных касаний троса, вызывающих искрение и образование электрической дуги.

Причины искрения должны немедленно устраняться. При осмотре фундаментов следят за появлением трещин или неровностей, вызывающих застой воды после дождя, ржавчину на металле. Проверяют прочность крепления анкерных болтов. Осматривают территорию вблизи башен и под антеннами: нет ли упавших гаек или разорванных болтов, осколков изоляторов. Наблюдают за телом мачты, за тем, нет ли искривления отдельных элементов, больших трещин у деревянных брёвен, искривления металлических соединений и т. п. Проверяют прочность закрепления троса в обжимках и накладках. Осматривают целость изоляторов у основания изолированных мачт. При обнаружении трещин ставят на изоляторе, у концов трещины метки для определения характера развития деформации. Сильно повреждённые изоляторы с глубокими трещинами подлежат немедленной заме-

не. Осматривают и зачищают места пробоев у грозовых разрядников, заземляя предварительно мачту. Проверяют контакты соединения с заземлением.

О всех замеченных дефектах по окончании осмотра докладывают мачтмейстеру для принятия мер к их устранению.

При наличии гололёда, инея осматривают и измеряют толщину осадков, записывая данные измерений в тетрадь. Весьма желательно с целью накопления опыта в дни гололёда измерять толщину осадка не только у земли, но и на разных высотах.

В зависимости от степени срочности устранения замеченных неисправностей разрабатываются планы текущего и капитального ремонтов.

Для своевременного предупреждения аварий и обрывов антенн большое значение имеют чистота и порядок на антенном поле. Антенное поле после строительства к моменту сдачи объекта в эксплуатацию должно быть очищено от строительных отходов. Все временные анкеры, обрезки брёвен, древесный мусор, обрывки троса должны быть удалены; котлованы, рвы — засыпаны и т. д. При последовательных обходах антенного поля необходимо поднять с земли и убрать случайно оставленные болты, подкладки, гайки, битые изоляторы и черепки. Весь такелаж должен быть закреплён, винтовые стяжки и другие детали — покрашены, а резьба густо смазана вазелином; все фундаменты башен цементируются с заделкой всех отверстий, в которых могла бы скапливаться вода.

На содержащемся в порядке антенном поле древесина и трос сохраняются значительно дольше, а всякое нарушение или повреждение мачты легко обнаруживается.

На радиоцентрах, использующих автоматическое управление переключателями и коммутаторами, проверяется правильность их действия и исправность обратной сигнализации. Ведётся тщательный учёт работ по антенно-мачтовым сооружениям, отдельно по каждой антенне.

Основными породами дерева для мачт являются сосна и лиственница. Обе породы дерева хорошо противостоят переменному действию влаги.

На строительство мачт идут брёвна длиной 11—13 *м* с толщиной в верхнем отрубе в 14—26 *см*. Для менее высоких сооружений — брёвна длиной в 6,5; 7,5; 8,5 и 9,5 *м* с толщиной в верхнем отрубе в 14—24 *см*. Мачты высотой в 125—150 *м* изготавливаются из лесоматериала отборных сортов: высотой 75—100 *м* из первого сорта и ниже — из второго сорта.

Гниение дерева вызывается недостаточным доступом воздуха при наличии переменной влажности, что вызывает разложение белковых соединений и размножение грибка. Наиболее сильно поражаются плохо проветриваемые места соединений швов, ко-

торые в первую очередь должны быть взяты под наблюдение. Наличие на антенном поле остатков старой древесины, кусков брёвен, поражённых гнилью, содействует размножению грибка. Поэтому из мест хранения леса и с антенного поля необходимо удалять гниющие остатки древесины.

Для удлинения срока службы древесины её пропитывают различными противогнилостными составами. Наилучшим методом является пропитка дерева на специальных заводах. Кроме того, применяются методы: бандажный и обмазки.

Бандажный метод заключается в наложении на столб защитного бандажа в месте соприкосновения древесины с землёй. Основой для бандажа служат толь, рубероид и плотная бумага. Древесина пропитывается антисептической пастой, покрываемой сверху гидроизоляционным слоем.

В качестве антисептика используются различные вещества: фтористый натрий, уралит, триолит. Для придания пасте клеющих свойств к антисептикам добавляют экстракт сульфитных щелоков и раствор битума.

Защищаемый столб промазывают антисептической пастой, закрывают бандажом, закрепляя последний гвоздями или проволокой. Затем покрывают поверхность бандажа — шов и края его — горячим битумом, растворённым в керосине или зелёном масле.

Для гидроизоляции бандажа взамен битума могут быть использованы также торфяная, каменноугольная, древесная смолы с содержанием воды не более 5%.

В последнее время было предложено ещё одно новое антисептирующее средство — огарки серного колчедана. Применение огарков серного колчедана не только защищает дерево от грибков, но и предохраняет его от пожара, так как всякая растительность в зоне действия серных соединений погибает и огонь при лесных пожарах, идущий вдоль земли, не доходит до дерева.

Для защиты древесины от гниения при помощи огарков вокруг столба окапывают воронку глубиной в 15—20 *см*, шириной в 10—15 *см* и заполняют её огарками.

Опыт показал, что при применении огарков серного колчедана необходим сначала их химический анализ. Получаемые от серных заводов отходы иногда не обладают необходимыми антисептическими свойствами и могут даже, наоборот, вредить целостности древесины.

Пропитка обмазыванием производится путём нанесения антисептической пасты кистями на уже установленные опоры. Пастой промазывают всю поверхность дерева, обращая особенное внимание на промазку стыков. Для предохранения древесины от выщелачивания антисептика дерево покрывают дополнительно защитным слоем из битума с песком или кузбасским лаком.

При применении антисептиков следует тщательно выполнять указания соответствующих инструкций, так как большинство антисептиков могут причинить отравление, а некоторые из них опасны также в пожарном отношении.

Загнивание дерева зависит и от многих других причин. Хороший, прочный лес дольше противостоит гниению, чем лес сучковатый, с трещинами.

Гниение особенно интенсивно у основания, в местах крепления, стыков брёвен и т. д. Загнившие части необходимо сменить, так как дерево в этих частях потеряло свою механическую прочность. Деревянные опоры нужно периодически осматривать для определения опор, подлежащих замене. Повреждённые части древесины можно выявить простукиванием бревна стальным молотком. Здоровая древесина даёт чистый звук, загнившая—глухой звук. Определение глубины повреждения производят при помощи затупленного шила, имеющего деления через каждый сантиметр. Шило втыкается перпендикулярно к оси бревна. Оно легко проходит через загнившие части дерева и останавливается, дойдя до здорового слоя. Обнаруженные загнившие части отмечают для их удаления и замены новой древесиной.

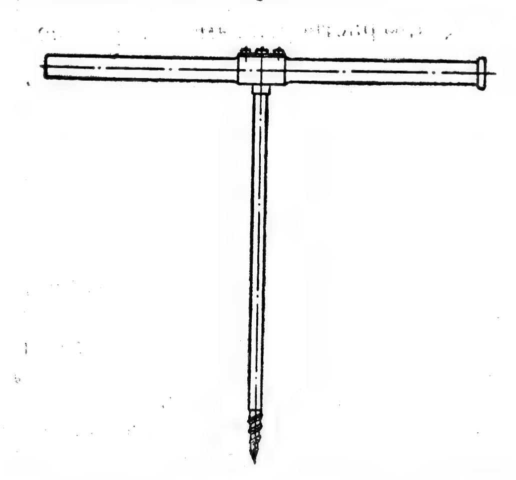


Рис. XII.24. Бурав для испытания древесины

Ещё лучше проверять древесину специальным буравом (рис. XII.24). Бурав, ввинчиваясь в дерево, высверливает столбик древесины, который извлекается при помощи специальной ложечки. Высверленное отверстие забивают пробкой и замазывают антисептиком. Такие пробы берут с трёх сторон бревна. Если в брёвнах мачты почему-либо имеются отверстия, например, от

временных болтов, их следует также забивать деревянной пробкой из пропитанной древесины.

Для определения загнивания основания столба последний окапывается и шилом исследуется состояние дерева, после этого столб или заменяется новым, или засыпается обратно. Основания деревянных мачт и столбов необходимо расчищать от растительности в радиусе до одного метра.

При смене сгнивших оснований следует удалять из земли остатки старого основания с тем, чтобы предохранить новую древесину от загнивания.

Иногда гниение дерева начинается внутри бревна. В этом случае испытание шилом не даёт результатов и загнивание может быть обнаружено только простукиванием.

Осмотр и замену древесины на новых радиоцентрах приходится производить уже на третий год после установки, а затем регулярно весной и летом.

Все мачты, столбы, анкеры должны иметь отдельный номер, написанный на теле бревна чёрной масляной краской на белом фоне. Под этим же номером в мачтовом журнале отмечаются результаты осмотра и глубина загнивания, а также произведённый ремонт или замена бревна.

Нумерацию опор, пропитанных заводским способом, осуществляют краской на стальном листе, окрашенном в белый цвет.

Замену начавших гнить деревянных анкеров производят следующим образом: на линии направления оттяжек ближе к мачте закапывают в двух-трёх метрах от старого анкера временный. Нагрузку мачты облегчают, приспуская антенну. Затем поочерёдно, начиная с верхней, переводят оттяжки на временный анкер.

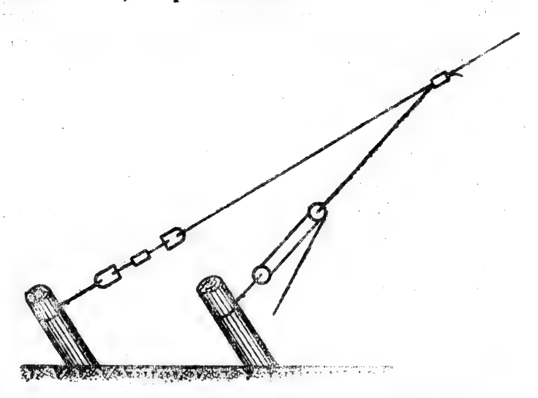


Рис. XII.25. Замена деревянных анкеров

Переводимую оттяжку берут на тали или лебёдку, захватывая её как можно дальше от анкера, для чего к ней прикрепляют зажимами стальной трос, которым и привязывают тали. Второй конец тали крепится к временному анкеру (рис. XII.25). Выбрав талями слабину троса, начинают отпускать винтовой стяжкой переводимую оттяжку, одновременно выбирая тали. Затем, перенося освобождённый от нагрузки конец оттяжки на новый анкер,

закрепляют её и натягивают при помощи винтовой стяжки, после чего переносят по очереди и другие оттяжки. У высоких многобревенчатых мачт перевод оттяжек на временный анкер осуществляют, устанавливая на место их временные оттяжки. После замены старого анкера производят постепенный обратный перевод оттяжек на новый анкер.

Смену деревянного основания производят путём откапывания его до настила, после чего на дно ямы укладывают рядом со старыми два новых лежня. На эти лежни устанавливают два новых столба, притёсывая их к центральному столбу с двух его свободных сторон. После этого просверливают дыры в новых столбах и в центральном столбе пропускают и затягивают болты. Подклинив немного торец центрального столба, освобождают и удаляют старые столбы, выбивая старые болты и передавая нагрузку на новые. Выбивают клин из-под центрального столба и закапывают яму.

Если мачта имеет основание, не заглублённое в землю, то лежни настила заменяются выбиванием их с небольшим подкопом, после чего на освободившееся место устанавливаются новые.

Для смены горизонтального бревна, к которому прикреплен торец первого бревна мачты, заготавливают два пасынка, каждый из которых имеет у основания горизонтальное бревно-лежень. Эти пасынки приставляются с двух сторон к мачте и притёсываются. Сверлятся дыры для болтов, и пасынки прибалчиваются с двух сторон к бревну мачты.

В случае обнаружения изгибов рей, отдельных брёвен следует принять меры к замене повредившихся частей или к их исправлению при помощи дополнительных оттяжек.

От влияния солнца и ветра деревянные мачты сильно сохнут. Это вызывает ослабление всех креплений, в результате чего мачта деформируется и при отсутствии ухода может упасть. Для предупреждения этого необходимо периодически подниматься на мачту и подтягивать все соединения.

Не следует производить подтяжку после длительного засушливого периода, так как излишне затянутая гайка позже, с наступлением дождливого времени, сомнёт древесину, ускоряя процесс разрушения.

В первое время после установки мачты крепления подтягивают каждые 1—2 месяца. Позже подтягивание производят только весной и осенью. Все гайки должны быть затянуты до отказа, при этом мачтовик должен следить, хватит ли нарезки на болтах, и, если нарезки мало, необходимо заменить болт или поставить дополнительные шайбы.

Подтяжку болтов производят вдвоём. Один верхолаз завёртывает гайку, а второй не даёт провёртываться болту. Гайки сле-

дует затягивать туго. Гаечный ключ должен иметь длинную рукоятку (0,7—1 *м*). Однако при пользовании ключом нельзя применять удлинение с помощью отрезка газовой трубы, чтобы не смять дерево или не сорвать нарезку болта. Болт с повреждённой нарезкой необходимо заменить.

Если на стыке брёвен обнаруживается скалывание дерева, то в повреждённом месте следует поставить дополнительный бугель.

Обнаруженные дефектные бугели с трещинами необходимо немедленно сменить, поставив предварительно выше или ниже другой временный бугель. Головки болтов и гаек следует периодически очищать от ржавчины и окрашивать.

У металлических башен, опирающихся на несколько отдельных фундаментов, необходимо раз в два года проверять нивелиром правильность положения фундаментов относительно друг друга по высоте и по расстоянию между ними. Металлическая опорная арматура, плиты должны регулярно окрашиваться.

Металлические мачты и башни изготавливают решётчатыми из угловой стали или труб. Ствол мачты может состоять из одной или нескольких труб, образующих ферму.

Эксплуатация металлических опор требует проведения систематического осмотра всего сооружения с проверкой мест соединения, затяжки болтов, состояния заклёпок и сварных швов. Особенного внимания требуют трубчатые мачты, у которых при появлении неплотностей внутрь трубы попадает влага. Влага, собираясь в больших количествах, может зимой при замерзании повлечь за собой разрыв трубы. На это обстоятельство необходимо обращать внимание ещё при сборке, следя за тем, чтобы трубы поступали с завода с приваренными глухими фланцами и сварка не имела бы неплотностей.

Кроме того, в условиях эксплуатации в начале зимы и после сильных ветров необходимо проверить состояние швов и целость труб.

Металлические мачты регулируются так же, как и деревянные.

В эксплуатации металлические мачты требуют, главным образом, периодической очистки от ржавчины и покраски масляной краской. Применение суррогатов олифы нецелесообразно, так как они плохо защищают металл от коррозии.

Болтовые соединения должны регулярно просматриваться и закрепляться. При обнаружении выпавшего или отсутствующего болта или гайки должны быть немедленно поставлены новые. Места скопления влаги проверяются особенно тщательно. При появлении коррозии металла повреждённые места зачищаются и закрашиваются.

По правилам, для повышения видимости мачт они окрашиваются перемежающимися полосами в чёрный и жёлтый цвета. Ширина полосы одного цвета может изменяться от 2 до 15 *м*,

но при условии, чтобы мачты имели не менее трёх полос каждого цвета. Перед окраской металл должен быть хорошо очищен от ржавчины. Выбранная краска не должна входить в химические соединения с ранее применённой краской.

Если после окрашивания наблюдается появление пузырьков, это свидетельствует о плохой зачистке металла, ведущей к коррозии. Окраску возобновляют раз в пять-шесть лет, а в некоторых районах, например, вблизи моря, — через три-четыре года.

Допустимые отклонения регулировки металлических мачт, указаны в инструкциях, составляемых заводами-изготовителями. Мачты с электрически изолированным от земли основанием должны быть снабжены домкратами для смены треснувших изоляторов и искровым или дуговым разрядником для отвода в землю разрядов молнии. Не изолированные мачты должны быть надёжно заземлены, так как бетон основания не является достаточным проводником.

Проверка отклонения мачты от горизонтали производится при помощи теодолита, с двух взаимно перпендикулярных положений.

При установке новой мачты необходимо требовать от монтирующей организации предварительной вытяжки троса. Это уменьшает последующую вытяжку троса во время его эксплуатации.

Все подъёмные лебёдки крепятся на деревянных рамах, салазках; оси и шестерни лебёдок должны быть смазаны салом или тавотом, сами лебёдки покрашены масляной краской и защищены от дождя брезентовыми или металлическими чехлами; собачка у зубчатого колеса так же, как и все детали тормоза, должна быть в полной исправности. Лента тормоза должна быть чистой, сухой, не смазанной маслом и плотно прилегать к шкиву барабана. Трос на лебёдку необходимо наматывать туго и ровно по всему барабану. Небрежная и слабая намотка троса на барабан при подъёме или спуске тяжёлых предметов может привести к обрыву троса и катастрофе. Лебёдки для подъёма людей должны быть зарегистрированы в инспекции котлонадзора. На лебёдках должны иметься надписи о максимально допустимой нагрузке, а в мачтовом журнале делаться записи об освидетельствовании лебёдок лицами технического надзора, имеющими на то разрешение. Такое освидетельствование производится ежегодно. Деревянная рама, на которой крепится лебёдка, привязывается при помощи четырёх стальных тросов толщиной не менее 7,7 *м* к специально врытому наискось в землю деревянному столбу, диаметром в 20—30 *см* и длиной в 1,5—2 *м* или к анкеру (рис. XII.26), представляющему мертвяк с выпущенным от него на поверхность земли металлическим стержнем. Лебёдка и трос длинноволновых станций должны заземляться во избежание сгорания анкера и салазок.

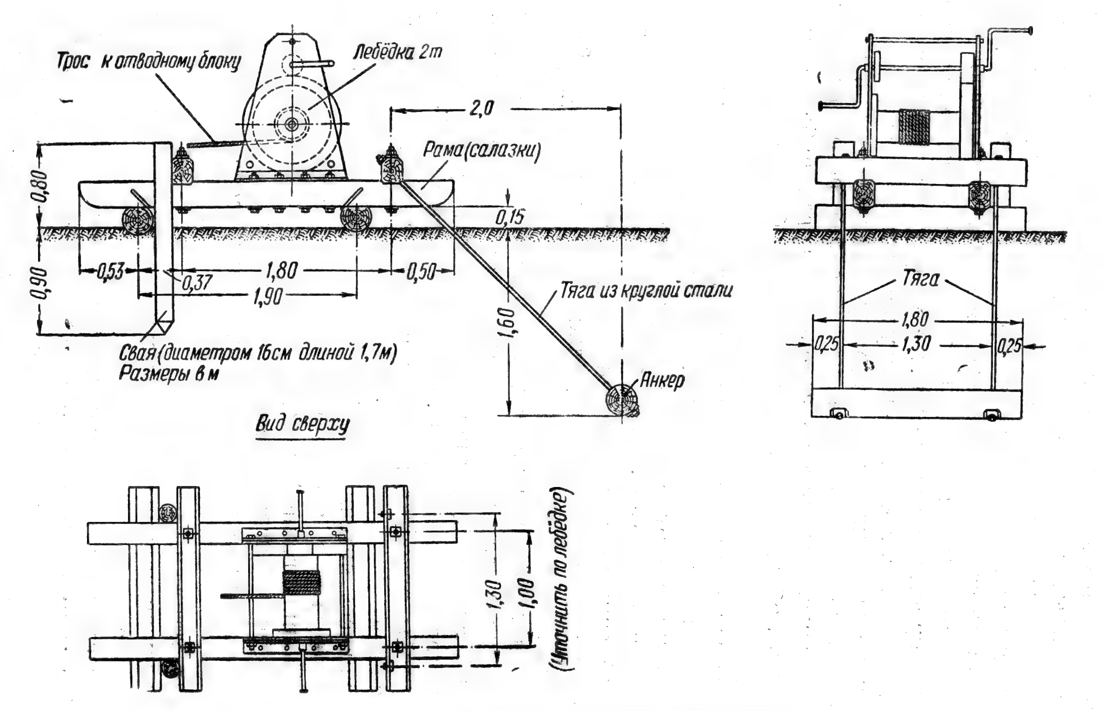


Рис. XII.26. Установка подъёмной лебёдки

Для подъёмов грузов применяют ручные и приводные лебёдки, грузоподъёмностью от 0,5 до 10 *т*.

К работе с лебёдками, как уже сказано, необходимо допускать только обученный персонал. Перед каждым подъёмом мачтовика на мачту инженер антенной группы или мачтмейстер обязан проверить все подъёмные приспособления и произвести испытание подъёмного троса пробным подъёмом на всю рабочую высоту груза, превышающего предельный рабочий груз на 10%.

Лебёдка во всё время нахождения на мачте человека должна находиться под наблюдением. Подъём и спуск человека производится со скоростью не выше 20 *м* в минуту вращением рукояток лебедки. При спуске ни в коем случае нельзя бросать рукоятки, доверяясь только ленточному тормозу. В эксплуатации известны несчастные случаи, происшедшие из-за быстрого возрастания скорости спуска на люльке человека, когда рабочий не смог затормозить лебёдку или схватиться за её быстро вращающиеся рукоятки.

В последние годы некоторое распространение получили лебёдки с безопасными рукоятками. Их устройство таково, что если лебёдчик выпустит рукоятку из рук, то она немедленно прекращает вращение и тормозит ход барабана лебёдки.

При обнаружении повреждений у ленты тормоза, шестерён или у других деталей лебёдка должна быть опечатана и отослана в ремонт.

Антенная лебёдка, находящаяся постоянно под натяжением антенного троса, должна быть поставлена на предохранитель — квадратный стержень, установленный между зубцами шестерён.

Кроме того, одну из ручек лебёдки снимают и одевают обратно так, чтобы рукоятка вошла в станину или упиралась в неё при вращении.

Для подвеса антенн, подъёма верхолазов на мачты, устройства оттяжек и т. п. в мачтовом антенном хозяйстве применяется мягкий оцинкованный трос.

Концы троса, используемого для оттяжек, заделываются у тела мачты в оцинкованные коуши. Конец троса у анкера заводится через коуш в винтовую стяжку, служащую для регулировки натяжения оттяжки.

Все оттяжки должны быть надёжно закреплены специальными зажимами, из которых одни имеют вид скобы из круглой стали, а другие состоят из двух планок, скрепляемых четырьмя болтами. При этом необходимо строго соблюдать указания ГОСТа, устанавливая зажимы, только соответствующие сечению троса. Несоблюдение этого условия приводит к выползанию троса и ослаблению надёжности крепления. Ни в коем случае, даже временно, нельзя оставлять оттяжки на ослабленных против норм средствах крепления. Недопустимо также присоединять дополни-

тельно в зажиме к двум стержням троса третий. Конец троса обматывают мягкой проволокой и закрепляют. Прочность закрепления троса должна периодически проверяться. Для проверки того, что трос не выползает, делают на нём в местах наложения зажимов контрольные пометки краской.

При подъёме верхолаза и грузов на мачту применяют стальной оцинкованный трос диаметром 7,7 и 8,7 *мм*. Общая нагрузка для троса 7,7 *мм* не должна превышать 100 *кг;* для троса 8,7 *мм* — 150 *кг*.

Оттяжки натягиваются винтовыми стяжками. Винтовые стяжки должны всегда находиться, по возможности, в среднем положении, чтобы оставалась свобода регулировки. Иногда наблюдается самопроизвольное раскручивание стяжек. Это может вызвать появление междуоттяжечных выгибов мачты. Поэтому рекомендуется вставлять в винтовые оттяжки стальные прутья, препятствующие раскручиванию.

Для предохранения от ржавчины резьба стяжки густо смазывается дёгтем, салом или солидолом, а сама стяжка окрашивается. Если почему-либо винтовая стяжка оказалась в крайнем положении, то оттяжку захватывают вспомогательным тросом на лебёдку, освобождают винтовую стяжку и закрепляют её так, чтобы она при натяжении оказалась в среднем положении.

Состояние оттяжек проверяется 1—2 раза в год. Для этой цели при высоких мачтах верхолаз поднимается наверх, закрепляется при помощи чекеля или блока с откидной щекой к оттяжке и, спускаясь вдоль неё, проверяет состояние троса. Если оттяжка разрублена изоляторами, то осмотр производится другим методом. Параллельно осматриваемой оттяжке, несколько выше её, закрепляется вторая оттяжка диаметром 12 *мм*. Вдоль по этой оттяжке спускается мачтовик и производит осмотр, проверяя состояние разрядников, изоляторов и их арматуры и грозовых разрядников, попутно очищая изоляторы. Осмотр лучше всего произвести весной до начала грозового периода. В первую очередь необходимо просматривать места сплёток троса. Неплотная сплётка особенно легко подвергается коррозии. Обнаруженные слабые места при удовлетворительном общем состоянии троса могут быть вырублены и сплётки сделаны наново. Для этого постоянный трос на время ремонта заменяется временным.

В случае обнаружения лопнувших проволок, грозящих обрывом троса, или сильного поражения коррозией весь трос необходимо сменить. Иногда причиной повреждения троса является пережог его током высокой частоты при касании оттяжки каким-либо другим тросом. Оттяжка, имеющая более одной лопнувшей проволоки на длине 20—25 *см*, подлежит замене.

При отсутствии резервного троса повреждённое место можно временно укрепить наложением на него отдельного отрезка троса. Отрезок крепится к основному тросу зажимами вверху и внизу повреждённого места.

Особое внимание уделяют подъёмному тросу. Он должен иметь мягкую пеньковую середину и рассчитывается на десятикратную прочность. Перед каждым подъёмом подъёмный трос должен быть тщательно осмотрен по всей длине и испытан нагрузкой. Для этой цели трос снимается с лебёдки, концы его завязываются и получившаяся бесконечная петля пропускается для осмотра.

Во время подъёма наверх лица, работающие у лебёдки, должны проверять состояние троса. В случае обнаружения на нём оборванных проволок, проплавленных или обгорелых мест трос должен быть немедленно заменён другим. Сростки на подъёмных тросах не допускаются. При подъёме хотя бы и опытных мачтовиков необходимо следить за тем, чтобы поднимающийся был привязан к тросу надёжной верёвкой, обхватывающей его вокруг груди. Весь необходимый инструмент подвязывается верёвками к люльке. Сам люлечный трос должен быть тщательно и крепко заделан в местах прикрепления его к люльке и к лебёдке. Во время подъёма стоять под мачтой категорически запрещается ввиду возможного падения сверху инструмента, болтов и т. п.

Спуск мачтовика с мачты должен производиться плавно, с замедлением хода при прохождении мачтовиком мест закрепления оттяжек. Торможение лебёдки доской, бревном и т. п. запрещается.

Антенное полотно нужно периодически спускать на землю для проверки качества креплений и чистки изоляторов. Загрязнение изоляторов, в особенности, там, где вблизи радиостанции располагаются крупные заводы, рудники, химические производства и т. п., приводит к потерям высокой частоты вследствие осаждения на изоляторах проводящего слоя.

Длинноволновые антенны нужно детально осматривать один раз в год, коротковолновые — один раз в два-три года.

При осмотре сменяются все повреждённые детали, треснувшие изоляторы, повреждённые канатики и т. д. Все провода и изоляторы очищаются от грязи, металлические части красятся, попутно проверяются все контакты. При подъёме антенны следят, чтобы канатики не образовывали панель, ослабляющих провод и ведущих при натяжении к его обрыву. Антенну после осмотра поднимают на высоту двух-трёх метров, проверяют правильность положения всех проводов и продолжают подъём выше. Кроме годового осмотра антенны со спуском её на землю, периодически осматривают антенну через бинокль. Регулировку натяжения антенны следует делать дважды в год — весной и осенью.

Весной антенна несколько подтягивается, а осенью, наоборот, опускается, так как зимой натяжение проводов увеличивается, и, если натяжение превзойдёт предел, антенна оборвётся. Для получения заданного натяжения на подъёмном тросе делают весеннюю и осеннюю заметки.

Все токоведущие части антенны следует хорошо пропаять, опуская место спая в ванну с расплавленным оловом.

В местах прикрепления антенны, подъёмного троса и т. д. применяются блоки для пропускания через них троса. Крепление блока должно обеспечивать беспрепятственное движение троса. Блоки должны быть всегда хорошо смазаны, а ролики блока иметь достаточную глубину бороздки и устроены так, чтобы не происходило заклинивания троса между роликами и обоймой или спадания с ролика. Блоки, служащие для подъёмного троса, должны быть снабжены предохранительным устройством, предупреждающим падение троса с люлькой в случае поломки оси блока или срыва крюка.

Серьёзные повреждения антенным устройствам причиняет гололёд. Гололёд наступает очень быстро, нагружает провода антенны, мачты, оттяжки и т. п. и приводит к разрыву антенн, а в исключительных случаях и к падению самих мачт. При появлении гололёда следует по возможности освобождать от льда все провода антенного устройства.

Для этого антенну необходимо спустить совсем или приспустить, облегчив нагрузку мачт. Предложенные до сих пор методы борьбы с гололёдом путём прогрева антенн электрическим током, установки предохранителей и т. п. в нашей практике не привились.

Применяемый в эксплуатации основной метод борьбы с гололёдом заключается в организации наблюдения за состоянием проводов антенны и в возможном удалении образовавшегося льда. В дни, когда погода благоприятствует образованию гололёда, на радиоцентре необходимо установить круглосуточное наблюдение за мачтовыми сооружениями, постоянное дежурство рабочих, верхолазов и мачтовиков. При слабом гололёде облегчают нагрузку мачт, приспуская антенны. С увеличением осаждения льда антенну спускают и очищают провода, постукивая по ним деревянными колышками.

Оттяжки очищают верхолазы, поднимаясь на мачту и спускаясь вдоль оттяжки вниз. Для этой цели вдоль оттяжки подвешивают дополнительный трос.

Верхолаз сидит в люльке, подвешенной к блоку вверху мачты, прикрепившись к тросу, скользит вниз, сбивая лёд с идущей параллельно тросу оттяжки.

При подъёме мачтовика наверх мачты необходимо освободить ото льда оба конца подъёмного троса и, кроме того, привя-

зать к люльке надёжную верёвку, конец которой должен остаться на земле. В противном случае мачтовик своим весом не сможет уравновесить вес спускающегося с верхнего блока конца троса, нагруженного осевшим льдом. При спуске мачтовика вниз может оказаться полезной верёвка, привязанная к люльке. Лучше всего до подъёма мачтовика сначала попытаться продёрнуть подъёмный трос вверх и вниз, чтобы освободить его ото льда. Фидерные провода очищают при помощи шестов, имеющих на конце крюк. Очистку производят осторожно, чтобы не разбить изоляторы.

В ветреную погоду мачтовики обязаны просмотреть весь такалеж мачты и подтянуть слабо натянутые провода, тросы и т. п. Осмотр следует повторить в темноте, при работе передатчика, когда легко обнаруживаются с земли места касания тросов. Между этими тросами в местах касания возникает светящийся электрический разряд, хорошо видимый снизу. Ни в коем случае не следует оставлять случайные отрезки проводов подвязанными к деревянным столбам. Близость антенны вызывает в таком проводе большие токи с пучностью напряжения на конце, способной вызвать горение столба.

В случае обнаружения воспламенения мачты необходимо немедленно выключить передатчик и поднять, если это ещё возможно, на мачту верхолаза с огнетушителем и брезентом или мокрой шваброй.

У многобревенчатых мачт обычно загорается одно бревно, поэтому, если очаг огня обнаружен своевременно, удаётся спасти мачту. Огонь гасится струёй огнетушителя и закрыванием горящего места брезентом размером в 1—2 $м^2$ во избежание раздувания огня ветром. По краям брезента пришиваются верёвки для привязывания его к телу мачты. После гашения тщательно зачищают обгоревшее место.

Для предупреждения самовозгорания мачт следует стремиться получить на оттяжках и других тросах такое распределение напряжений, которое создавало бы в точках прикрепления троса к дереву минимальные напряжения.

Сильные удары грозы выдерживаются антенными сооружениями без вреда при условии исправного действия искровых промежутков и наличия индуктивностей для утечки статических зарядов. Для стекания статических зарядов у основания мачты или у ввода антенны устанавливается дроссель, шунтирующий изолятор и конденсаторы настройки.

Для отвода сильных разрядов служат шаровые или роговые разрядники, надёжно заземлённые одним концом и другим присоединённые к мачте или к антенне (рис. XII.27).

В эксплуатации следует систематически проверять целость дросселя и качество заземления, а также правильность установ-

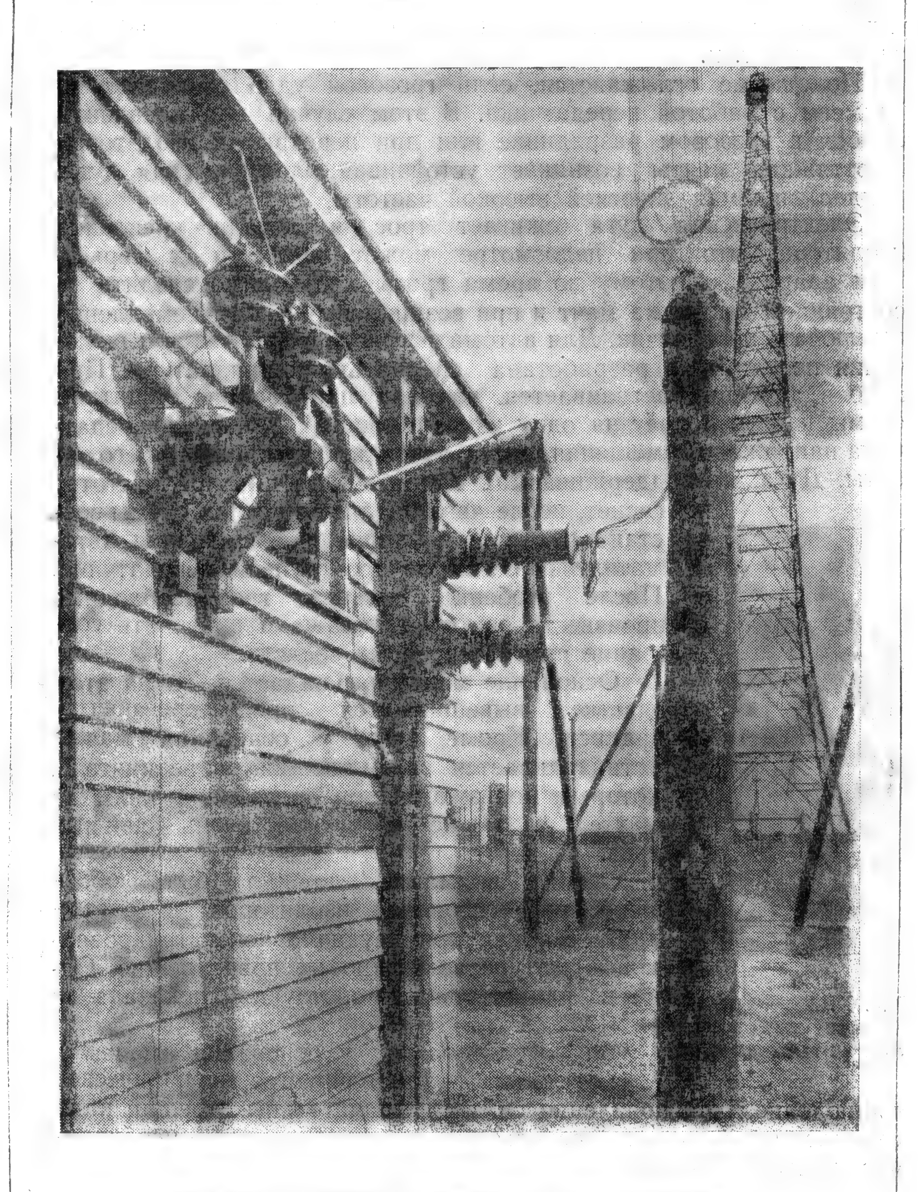


Рис. XII.27. Роговые разрядники на вводе антенны

ки промежутка между шарами или рогами. Поверхность разрядников должна быть гладкой и чистой, зачищенной от ожогов, заусениц и т. п.

Положение осложняется, если грозовой удар совпадает по времени с работой передатчика. В этом случае при появлении пробоя в грозовом разряднике или при перекрытии изоляторов в оттяжках мачты возникает устойчивая электрическая дуга, поддерживаемая энергией высокой частоты.

Электрическая дуга сжигает трос и детали крепления изолятора, что при недосмотре может привести к серьёзным авариям. Поэтому во время грозы необходимо следить за состоянием такелажа мачт и при возникновении дуги немедленно выключать передатчик. Для автоматического выключения и включения передатчика разработана специальная аппаратура. При пробое антенна растраивается, что нарушает баланс защитной схемы и реле подаёт на одну из маломощных ступеней передатчика напряжение смещения, достаточное для прекращения его работы. Дуга, не поддерживаемая напряжением высокой частоты, гаснет, после чего баланс защитной схемы восстанавливается и напряжение смещения автоматически снимается со ступени передатчика. После особенно сильных гроз необходимо произвести осмотр такелажа и проверить состояние противогрозовых средств.

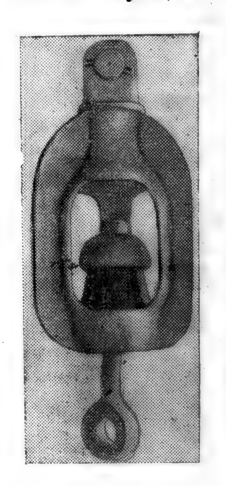


Рис. XII.28. Одна из конструкций изолятора в оттяжках мачт

Основание мачты ограждается, и на этом участке вывешиваются предостерегающие надписи. Кроме того, у основания мачты устанавливается заземляющий разъединитель, которым пользуются при проведении работ на мачте, а также в случае очень сильных гроз.

Особое внимание должно быть обращено на состояние изоляторов в оттяжках, так как при неудачно сконструированной арматуре возможно их повреждение. Одна из рациональных конструкций показана на рис. XII.28.

За изоляторами, у основания мачты и в оттяжках, устанавливается периодическое наблюдение. При появлении самых незначительных трещин надо немедленно установить пределы их развития и в случае необходимости заменить изолятор.

Для смены опорного изолятора предварительно вокруг основания подкладываются специальные вкладыши, могущие выдержать вес мачты при оседании и развале изолятора. Затем оттяжки ослабляются, а под основание мачты подводятся гидро-

домкраты, поднимающие мачту. При этом по мере образования свободного пространства между страхующей прокладкой и основанием ствола мачты подкладываются дополнительные прокладки. Освобождённый от нагрузки изолятор снимается и заменяется резервным, после чего вес мачты постепенно передаётся на новый изолятор.

В течение первых суток после замены изолятора необходимо сохранить страхующие прокладки и следить за поведением изолятора под нагрузкой.

Тело мачты должно быть всегда строго прямолинейно. Если на мачте обнаруживается изгиб, следует немедленно принять меры к его устранению. Наиболее опасен выгиб посредине бревна мачты между ярусами оттяжек. Выгиб появляется вследствие сильного натяжения вышележащего яруса оттяжек или антенны, а также из-за неравномерного натяжения оттяжек в одном из ярусов. Нагрузка на мачту особенно возрастает при ветре, гололёде и внезапном похолодании, если антенна не была предварительно приспущена. Чрезмерное увеличение нагрузки на мачту может произойти также вследствие излишнего натяжения антенны при подъёме и вызвать аварию мачты. В случае частичных отклонений тела мачты от вертикальности необходимо немедленно приступить к облегчению и регулировке мачты. Положение тела мачты проверяют на глаз

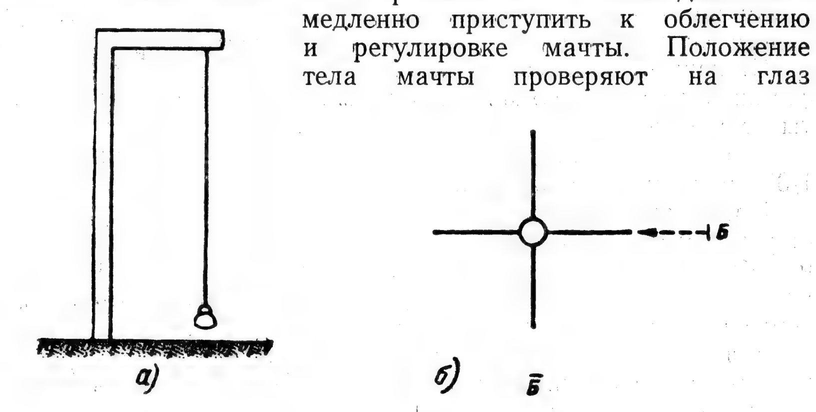


Рис. XII.29. Регулировка мачты по отвесу

по отвесу (рис. XII.29*а*) или теодолитом. Металлические и деревянные мачты высотой больше 100 *м* регулируются только с помощью теодолита.

При регулировке по отвесу (рис. XII.29*б*) устанавливают в 5—10 *м* за анкером, в точках *Б*, деревянный кронштейн, к концу которого прикрепляют шнур с грузом на конце. Шнур должен находиться в плоскости оттяжек. Второй такой же кронштейн устанавливают за анкером, расположенным под углом 90° от

первого. Отойдя от отвеса на некоторое расстояние, проверяют на глаз вертикальность тела мачты.

Если мачта имеет изгибы, регулировку начинают снизу, предварительно ослабив оттяжки с той стороны, куда выгнулась мачта. Необходимо также несколько ослабить оттяжки следующего, более высокого яруса. Если мачта туго поддаётся регулировке, то процесс выправления нужно производить в 2—3 приёма с промежутками по 5—10 дней.

Для приведения мачты в вертикальное положение регулируют её винтовыми стяжками, стремясь переместить регулируемый узел мачты к вертикальной линии. Затем переходят к следующему анкеру и вновь регулируют мачту, стремясь и в этой плоскости привести её к вертикали.

Отрегулировав нижний ярус, переходят к следующему. Пройдя все ярусы, проверяют вновь положение нижних и производят дополнительную регулировку.

Если выгиб произошёл не в месте прикрепления тросов, а посредине пролёта, то необходимо ослабить все оттяжки вышележащих ярусов и, если изгиб не пропадает, поставить дополнительную оттяжку с противоположной стороны места изгиба. Установка дополнительной оттяжки излишне нагружает мачту, поэтому по окончании выравнивания мачты следует проверить, нельзя ли эту дополнительную оттяжку снять.

Степень выгиба можно измерить теодолитом. Для этого сносят вниз к основанию мачты максимальное отклонение тела мачты от средней линии и измеряют выгиб.

Эта величина не должна превышать для деревянных мачт 1/300 расстояния между двумя ярусами.

Правильность натяжки тросов определить трудно. Мачтмейстеры определяют степень натяжения, ударяя по оттяжке ломом и наблюдая за распространением по ней колебаний. Зная по секундомеру время прохождения колебаний снизу оттяжки до её верха и обратно, можно определить натяжение.

Если g — ускорение силы тяжести в *м/сек*^{2} и q — вес стального троса на единицу длины в *кг/м*, T — тяжение в *кг*, то, наблюдая по секундомеру время t, необходимое для двойного прохождения волны, и, зная l — длину оттяжки, определяют напряжение материала оттяжек

$$T = \frac{(2l)^2 q}{g t^2} \approx 0{,}1 \frac{(2l)^2 q}{t^2}.$$

При регулировке натяжения высоких мачт применяют динамометры, включаемые в оттяжки. Для этого изготавливают отрезок троса с вмонтированным в него динамометром и винтовой стяжкой. Намечая по длине отрезка место его прикрепления в

точке A (рис. XII.30), измеряют длину хорды $A—B$. Затем укрепляют с одной стороны винтовую стяжку к анкеру, а с другой, сжимами, трос к оттяжке и, ослабляя винтовую стяжку, передают нагрузку на динамометр. Вытягивают второй винтовой стяжкой трос до тех пор, пока длина хорды $A—B$ не станет прежней. При этом динамометр покажет напряжение, бывшее в оттяжке. Для повышения точности измерений необходимо одновременно следить по теодолиту, чтобы верхний узел крепления проверяемой оттяжки не уходил в сторону.

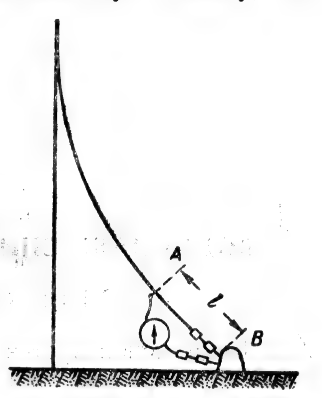


Рис. XII.30. Схема регулировки мачты динамометром

При регулировке верхних ярусов мачты необходимо следить за тем, чтобы не увеличить чрезмерно натяжение, так как этим можно повредить мачту или вызвать новый изгиб посредине между ярусами оттяжек. Если натяжение всех оттяжек мало, то мачта будет сильно раскачиваться от ветра.

Если натяжение велико, то растёт вертикальное усилие на мачту. Правильность натяжения можно определить и по отклонению вершины мачты при ветре. Отклонение может достичь размера в 1/200—1/300 от высоты мачты.

В процессе регулировки мачт мачтмейстер, наблюдая за положением тела мачты, указывает рабочим у анкеров, какую оттяжку следует отпустить, а затем рабочие у противоположного анкера должны начать выбирать оттяжку.

ГЛАВА XIII

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПЕРЕДАЮЩЕГО РАДИОЦЕНТРА

XIII.1. Общая схема водоснабжения

Вода используется на передающем радиоцентре для хозяйственно-питьевых, противопожарных и технических нужд. Общая схема водоснабжения и водопотребления показана на рис. XIII.1.

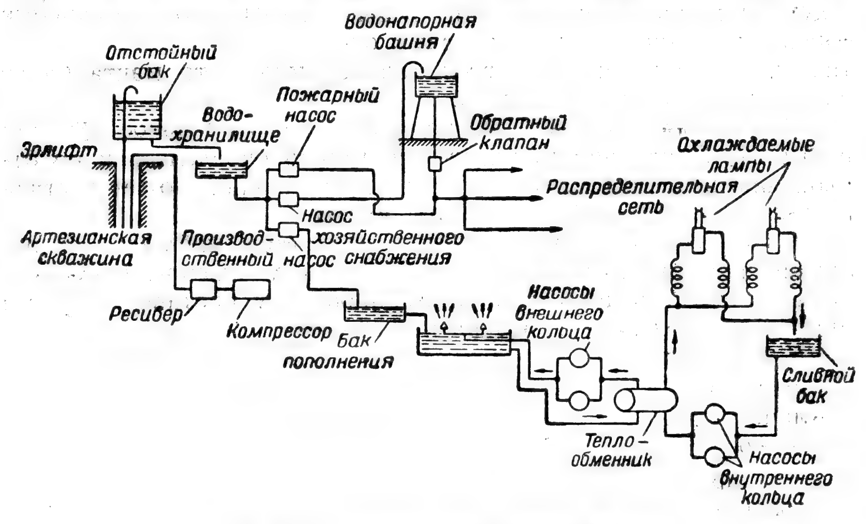


Рис. XIII.1. Общая схема водоснабжения радиоцентра

Вода добывается обычно из артезианской скважины и поднимается на поверхность при помощи глубоководного насоса или сжатого воздуха. Сжатый воздух компрессором нагнетается в скважину. Вода образует с пузырьками воздуха смесь — эмульсию, поднимающуюся на поверхность и собираемую в отстойный бак. В баке воздух освобождается, а вода при помощи труб отво-

дится в водохранилище, откуда хозяйственным или пожарным насосами перекачивается в распределительную сеть. Для создания в распределительной сети постоянного напора применяют одну из следующих трёх систем.

В первой системе давление в сети создаётся за счёт постоянной работы насоса и, следовательно, с выключением насоса вода к потребителям не поступает. Эта система применяется там, где питание электроэнергией достаточно надёжно.

При второй системе в наиболее возвышенной точке территории сооружается водонапорная башня. В установленный на верху башни бак насосом накачивается вода, расходуемая по мере надобности. Величина напора в сети определяется высотой башни и выбором места её установки, а запас воды объёмом установленного на башне бака.

В третьей системе — пневматической — водонапорная башня заменяется баками, установленными на уровне земли. Баки герметически закрыты и сообщаются друг с другом. В один из них накачивается вода, а во второй подаётся под давлением воздух. Воздух передаёт давление на воду, и этим определяется напор в распределительной сети. Иногда используют один бак, в который насосом подаётся под давлением вода; находящийся в баке воздух, сжимаясь, поддерживает давление в сети.

Насосы для технического водоснабжения — обычно их два — устанавливаются в отдельном помещении — насосной. Для хозяйственно-питьевых целей используются также два отдельных насоса — рабочий и резервный. Ещё два более мощных насоса используются для целей пожаротушения. При пожаре давление в сети повышают с двух-трёх до пяти-шести атмосфер. Поэтому вся распределительная сеть испытывается на повышенное давление. Во время работы пожарных насосов водонапорная башня автоматически отключается от сети обратным клапаном, установленным на магистральной трубе при выходе из водонапорной башни. Клапан срабатывает как только давление в сети превысит давление, создаваемое башней.

Распределительная сеть состоит из чугунных раструбных или стальных бесшовных труб, уложенных в землю ниже границы промерзания. Раструбные трубы соединяются друг с другом цементной стяжкой, сварные трубы соединяются посредством электросварки. При разводке труб внутри зданий применяют также чугунные фланцевые и газовые трубы, соединяемые при помощи сбалчивания или муфт с резьбой.

В местах ответвлений от магистральных труб, в земле, сооружают смотровые колодцы. Такие же колодцы сооружают для противопожарных целей, устанавливая в намеченных по проекту местах водоразборные пожарные колонки — стендеры.

XIII.2. Системы водоохлаждения

На радиостанциях с помощью воды отводится излишнее тепло от различного оборудования, главным образом, от мощных генераторных ламп, ртутных металлических выпрямителей и двигателей внутреннего сгорания. Для охлаждения генераторных ламп наибольшее применение получила система охлаждения с двумя оборотными кольцами. Внутреннее кольцо образуют бачки, в которые вставляются аноды охлаждаемых ламп, стенды, изолирующие высокое напряжение, или заменяющие их фарфоровые трубы, теплообменник, сливной бак и насос.

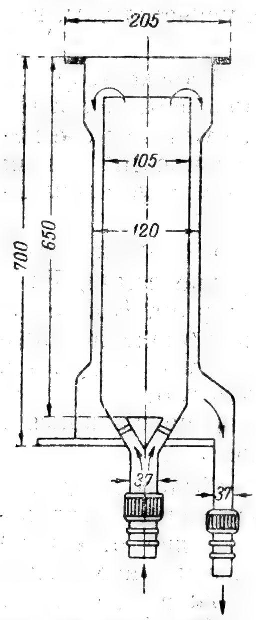


Рис. XIII.2. Конструкция бачка

Бачки для охлаждения ламп выполняются в двух вариантах. В первом из них бачок представляет отрезок медной трубы с вваренным дном. Вверху трубы приваривается фланец для крепления анода лампы. В боковой стенке бачка имеются два отверстия — одно внизу и одно вверху для подвода и отвода охлаждающей воды. К отверстиям приварены ниппели для крепления шлангов. Вторая, более современная конструкция бачка показана на рис. XIII.2. Здесь бачок состоит из двух труб, вставленных одна в другую. Внешняя труба имеет вверху и внизу расширения, к которым приварены фланцы. Нижний фланец устанавливается на изолятор и крепится болтами. Верхний служит для закрепления анода лампы. Охлаждающая вода проходит через входной патрубок в пространство, образованное внутренней трубой и анодом лампы, нагревается и, поднимаясь кверху, проходит по концентрическому каналу, образованному внешней и внутренней трубами, а затем выходит через патрубок наружу. Эта конструкция бачка позволяет более удобно осуществить подвод воды.

Бачки ламп, находящиеся под потенциалом анодного напряжения в 10—12 *кв,* соединяются с сетью через изолирующие стенды. Стенд выполняется либо из резинового шланга длиной в 6 *м* при внутреннем диаметре в 19 *мм,* навитого на гетинаксовый или гончарный цилиндр, либо из керамического материала с каналами для протока воды.

В некоторых передатчиках роль стендов выполняют вертикальные фарфоровые трубки длиной в 130 *см* и диаметром

20—30 *мм,* которые включаются в систему посредством гибких металлических сочленений — сильфонов.

Фарфоровые трубки, образующие сравнительно малую длину водяного столба, могут применяться только в системах с дистиллированной водой.

В новейших передатчиках вместо фарфоровых стендов и труб применяют политеновые гибкие шланги длиной в 1,5 *м* и диаметром в 12—18 *мм*. Политен не ухудшает своих свойств в сильном электромагнитом поле высокой частоты, тогда как резина быстро приходит в негодность. Кроме того, политен выдерживает высокие напряжения и поэтому политеновая трубка может касаться стенками окружающих деталей. Большим недостатком политена является его малая стойкость к температуре: он размягчается и повреждается водой, имеющей температуру в 60—65°, что заставляет усиливать и удорожать водоохлаждающую систему. Этот недостаток политеновых трубок может быть устранён при их изготовлении подбором технологического процесса.

После стендов нагретая вода поступает в теплообменник, передающий тепло от нагревшейся воды внутреннего кольца охлаждающей воде внешнего кольца.

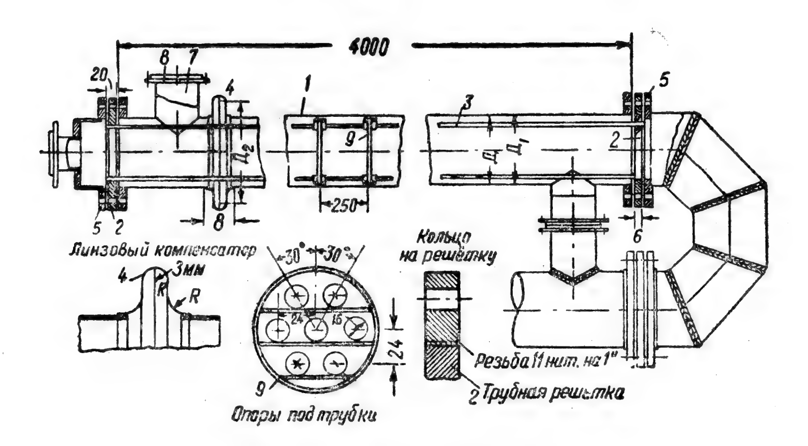


Рис. XIII.3. Теплообменник

Теплообменник (рис. XIII.3) представляет собой стальную трубу, внутри которой установлено несколько труб меньшего диаметра. Тонкие трубы по концам развальцовываются в днища, закрывающие большую трубу. Для лучшей передачи тепла тонкие трубы часто изготавливают из меди. Днища с наружной стороны прикрыты патрубком с фланцем. Нагретая вода по трубе поступает через фланец к днищу верхней трубы теплообменника, про-

текает внутри малых труб и через патрубок поступает к днищу нижней трубы, после чего, пройдя по трубам, выходит с другой стороны охлаждённой. Вода внешнего кольца поступает в большую трубу через патрубок вверху и уходит через второй патрубок снизу на противоположном конце трубы. Общий вид установленных теплообменников показан на рис. XIII.4.

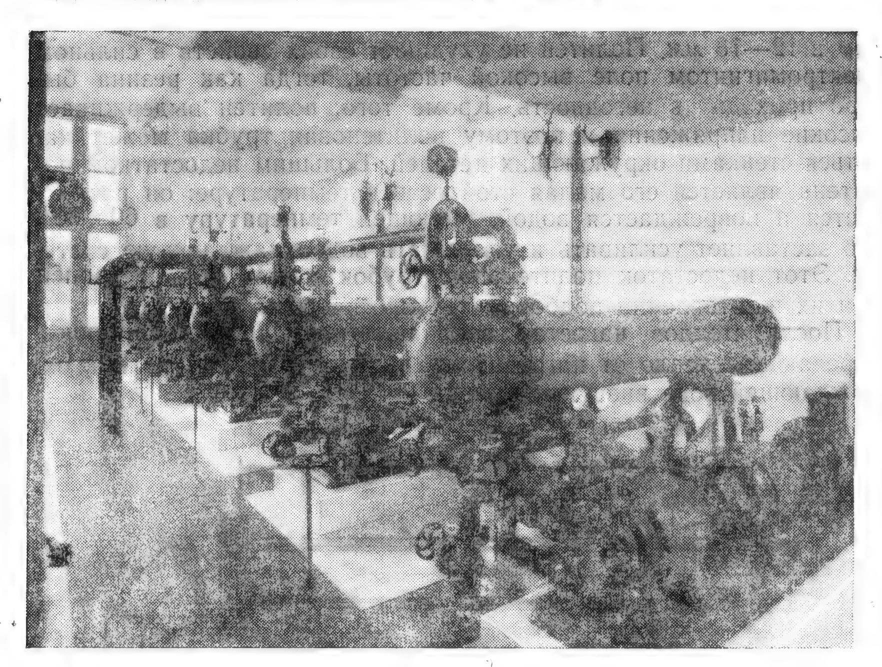


Рис. XIII.4. Общий вид теплообменников

Вода внешнего кольца забирается насосом из бассейна и, пройдя теплообменник, выбрасывается обратно в бассейн. Для лучшего охлаждения воды внешнего кольца она распыляется брызгалами, насаженными на концы отводящих труб. Вода постепенно расходуется на испарение и частично, при разбрызгивании, уносится ветром. Пополнение бассейна производится из бака, куда вода подаётся насосом, при этом вода поступает в бак, свободно вытекая из открытого конца трубы. Это делается в санитарных целях, чтобы создать разрыв водяной струи и исключить возможность попадания загрязнённой воды из бассейна в систему питьевого водопровода.

Наполнение бассейна можно вести и непосредственно, установив возле бассейна водоразборную колонку.

XIII.3. Экономичный дистиллятор

Внутренняя система водоохлаждения заполняется дистиллированной водой. Г. А. Тузков предложил весьма экономичную конструкцию дистиллятора, схематически изображённую на рис. XIII.5.

Холодная вода из водопровода через вентиль поступает в дистиллятор снизу и, поднимаясь вверх, заполняет охладительную камеру, расположенную в нижней части дистиллятора, после чего через отверстие *А* проходит в кипятильный куб. Уровень воды в кубе (*а—а*) определяется уровнем в регулирующей отводной **трубе** (*ОТ*), поворачивающейся вокруг своей оси в месте крепления её к охладительной камере. При повороте верхняя часть трубы опускается ниже линии *а—а* и этим автоматически понижает уровень воды в соединённом с ней пространстве кипятильного куба.

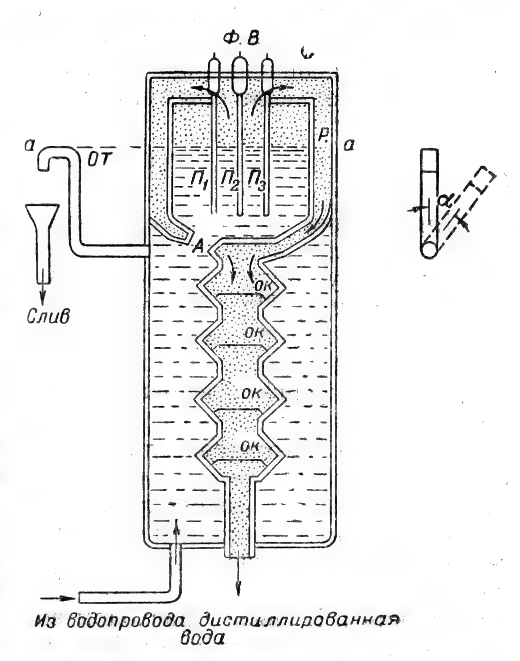


Рис. XIII.5. Конструкция дистиллятора

В крышке куба через фарфоровые вводы (*ФВ*) к пластинам—электродам ($П_1$, $П_2$, $П_3$) — подведён трёхфазный переменный ток. Пластины закреплены неподвижно и опущены нижней половиной в воду. Поворачивая отводную трубу на тот или иной угол от вертикали, регулируют уровень воды и этим изменяют величину поверхности пластин, соприкасающуюся с водой.

При включении электрического тока вода в кубе закипает и пар омывает пространство между кубом и наружной изолирующей рубашкой. Далее пар проходит в нижние паровые охладительные камеры (*ОК*). Охладительные камеры помещены в холодную воду холодильника и имеют внутри особые перегородки — рассекатели пара. Назначение перегородок — увеличить путь пара при соприкосновении с холодными стенками охладительных камер. Пар, охлаждаясь превращается в дистиллиро-

ванную воду, стекающую вниз в запасные резервуары дистиллятора. Особенностью дистиллятора, увеличивающей его экономичность по сравнению с другими типами, является наличие паровой рубашки (P), сохраняющей тепло кипятильного куба. Кроме того, дистиллятор имеет простую регулировку производительности поворотом отводящей трубы; охлаждающая вода одновременно используется для автоматического заполнения кипятильного бака. Излишняя вода проходит через дистиллятор и отводится на пополнение брызгального бассейна.

XIII.4. Эрлифт

Для подачи воды из глубоких скважин часто применяется установка, работающая сжатым воздухом,— эрлифт (рис. XIII.6). Сжатый воздух подаётся в скважину по отдельной трубе, имеющей внизу форсунку. Подъём эмульсии — смеси воды с воздухом — происходит по второй, водоподъёмной трубе. Глубина погружения в воду воздухоподающей трубы устанавливается по проекту.

Действие эрлифта основано на принципе сообщающихся сосудов, наполненных жидкостями с разным удельным весом. В обсадной трубе находится вода, а в водоподъёмной, во время действия эрлифта,— смесь воздуха с водой. Смесь легче воды, поэтому и уровень в водоподъёмной трубе устанавливается выше.

В спокойном состоянии в скважине устанавливается общий для всех труб статический уровень воды. При нагнетании воздуха уровень в водоподъёмной трубе повышается и смесь изливается из скважины. В связи с расходом воды в обсадной трубе уровень её падает до динамического. Воздух должен поднять столб воды на высоту H_2. Величина H_1 называется глубиной погружения воздушной трубы, а величина

$$n = \frac{H_1}{H_1 + H_2} 100\%$$

представляет собой процент погружения воздушной трубы и принимается равным 55—60%.

В табл. XIII.1 приведены данные для подъёма воды на высоту в 30 *м*. Значения H_1, $H_1 + H_2$ и другие величины, определяющие параметры эрлифта, вычислены для различных значений n.

Эрлифт имеет ряд эксплуатационных преимуществ перед другими насосными установками. Его можно применять при искривлённых скважинах, он не требует наличия в скважине каких-либо механизмов, на извлечение которых приходится тратить много времени и труда; он прост в эксплуатации и обслуживании.

Эрлифту свойственны и недостатки: малый кпд, равный 20—30%, ржавление труб из-за воздействия на них воздуха и

воды. Кроме того, эрлифт применим только для тех скважин, где имеется достаточный столб воды. Несмотря на это, эрлифт получил широкое применение на радиоцентрах.

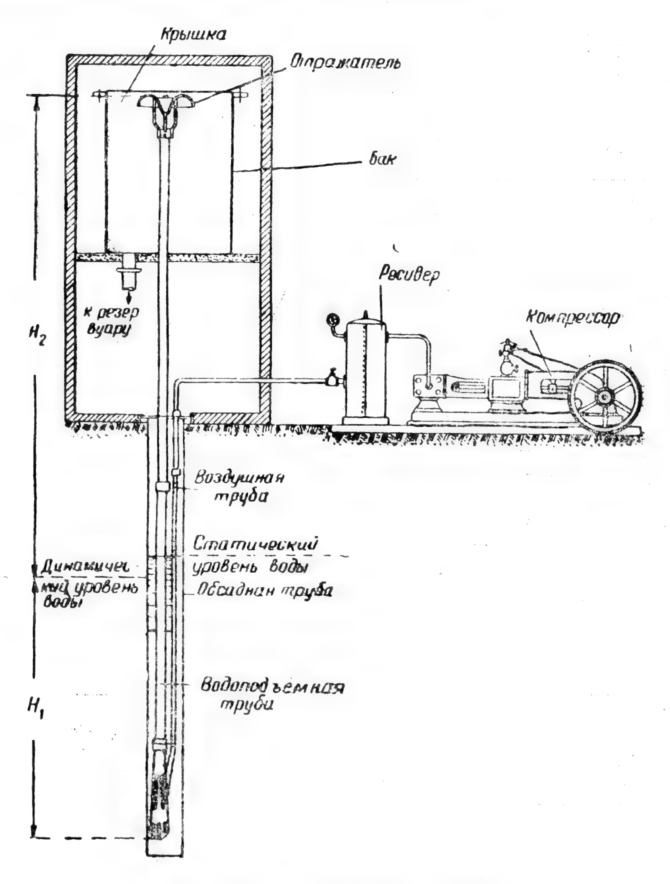


Рис. XIII.6. Устройство эрлифта

При первоначальном пуске эрлифта следует воду откачивать на сторону, чтобы не загрязнять трубопроводы, так как обычно вода содержит частицы грунта. Если дебит скважины мал, можно попробовать увеличить его. Для этого следует улучшить подход воды к опущенному в скважину фильтру. Это достигается нагнетанием воздуха в скважину, закрытую сверху заглушкой. Воздух выталкивает воду через фильтр у нижнего конца скважины в водоносные породы и этим улучшает последующую работу скважины. Нагнетание делают несколько раз подряд.

Таблица XIII.1

Размеры эрлифта при подъёме воды на 30 *м* от динамического уровня воды в скважине

% погружения воздушной трубы	Длина водоподъёмных труб		Максимальное давление компрессора в *атм*	Теоретическое количество воздуха в $м^3$, необходимое для подъёма 1 $м^3$ воды	Количество поднимаемой воды в $м^3/час$						Теоретическая мощность двигателя в *ЛС* в зависимости от количества поднимаемой воды		
					водоподъёмные трубы			воздушные трубы					
					диаметр труб в *мм*								
	ниже динамического уровня H_1	от смесителя до точки излива H_1+H_2			$10 м^3$	$20 м^3$	$30 м^3$	$10 м^3$	$20 м^3$	$30 м^3$	$10 м^3$	$20 м^3$	$30 м^3$
70	70,00	100	7,5	2,4	62	75	100	18	32	32	4,04	8,1	12,13
65	55,80	85,8	6	2,7	62	75	100	18	32	32	4,09	8,12	12,16
60	45,00	75	5	3,1	62	75	100	18	32	32	4,16	8,39	12,5
55	36,60	66,6	4	3,62	75	100	100	25	32—38	38	4,25	8,5	12,75
50	30,00	60	3,5	4,32	75	100	125	25	32—38	38	4,75	9,38	14,06
45	24,60	54,6	3	5,25	75	100	125	25	32—38	38	5,15	10,3	15,45

Причиной плохой работы скважины может быть также засорение фильтра илом или накопление ила внизу скважины. Ил удаляют подъёмом всех труб для очистки фильтра или опускают трубу в пространство между обсадной и водоподъёмной трубами и нагнетают туда воздух для взбаламучивания ила и последующей откачки его эрлифтом.

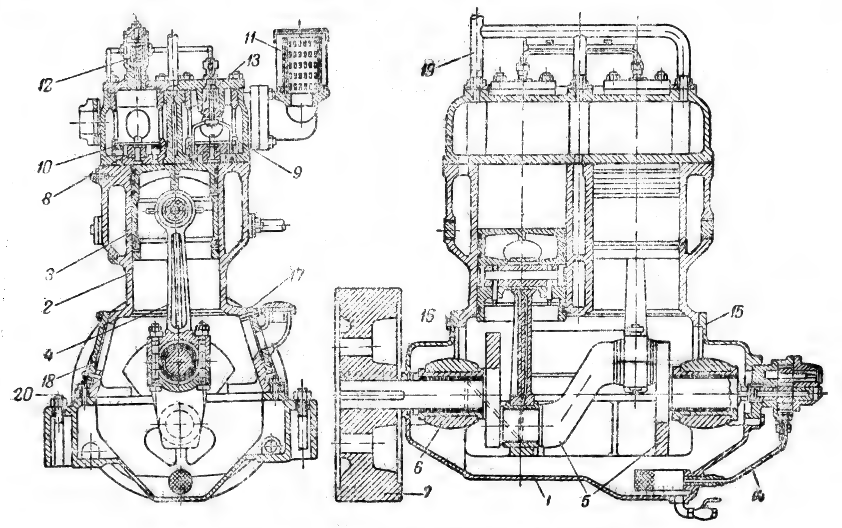


Рис. XIII.7. Компрессор **типа** ВВК

Составной частью эрлифта является компрессорная установка, нагнетающая воздух в скважину и состоящая из электродвигателя, компрессора и ресивера. Компрессор засасывает воздух и сжимает его в одном или двух цилиндрах до необходимого давления. На рис. XIII.7 показан компрессор типа ВВК. Основными его деталями являются: *1* — картер, закрывающий кривошипный механизм и заполняемый частично маслом, *2* — блок цилиндров, *3* — поршень, *4* — шатун, *5* — коленчатый вал, *6* — подшипник, *7* — маховик, *8* — клапанная коробка, *9* — всасывающий клапан, *10* — нагнетательный клапан, *11* — фильтр для забора воздуха, *12* — регулировка, *13* — отжимное приспособление, *14* — смазка, *15* — передняя крышка картера, *16* — задняя крышка картера, *17* — правая крышка цилиндрового блока, *18* — левая крышка цилиндрового блока, *19* — трубка для отвода охлаждающей воды, *20* — фундаментные болты.

Воздух при сжатии разогревается и нагревает стенки цилиндров, поэтому компрессор охлаждается водой. Для смазки цилиндров к ним непрерывно принудительно подаётся масло. Нагнетание воздуха компрессором производится толчками.

Ресивер служит для смягчения толчков и очистки воздуха от масла и влаги и представляет собой металлический закрытый цилиндр, испытываемый на давление (рис. XIII.8). Ресивер имеет патрубок для присоединения к трубе от компрессора и второй патрубок для вывода воздуха к скважине. Воздух от компрессора, попадая в ресивер, теряет свою скорость и выделяет влагу и масло, собирающиеся на дне. Ресивер снабжается манометром и предохранительным клапаном.

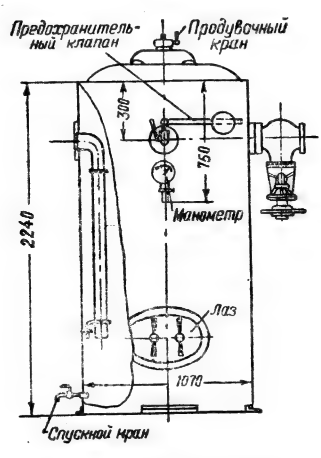


Рис. XIII.8. Ресивер

Пуск и остановка компрессора производится следующим образом. Перед пуском осматривают компрессор и его крепление. Проверяют наличие масла, пускают охлаждающую воду. Затем открывают задвижку к ресиверу и при закрытой всасывающей трубе включают электродвигатель и пускают компрессор без нагрузки. По достижении нормальных оборотов открывают постепенно доступ воздуха, нагружая компрессор. Для остановки компрессора закрывают доступ воздуха, выключают электродвигатель и закрывают на трубе кран, подводящий охлаждающую воду.

Во время действия компрессора персонал наблюдает за уровнем масла в резервуаре и за действием масляного насоса, за правильной работой системы охлаждения и за работой компрессора по манометру, а также за нагрузкой электродвигателя и нагревом подшипников.

Конденсат спускается из ресивера не реже трёх раз в смену.

Пуск эрлифта производится в следующем порядке. Сначала включают в работу компрессор и выпускают подаваемый им воздух через ресивер наружу, удаляя скопившуюся в ресивере грязь и масло. После этого воздушный кран ресивера перекрывают. С момента перекрытия крана давление в ресивере возрастает до первого выброса воды из скважины. Затем давление несколько спадает. При остановке эрлифта закрывают кран ресивера и останавливают двигатель компрессора.

Со временем уровень воды в скважине может измениться и работа эрлифта становится менее устойчивой. Если вместо воды из скважины идёт воздух, следует уменьшить подачу воздуха или увеличить заглубление водоподъёмных труб. Если вода подаётся в недостаточном количестве, с пеной, следует увеличить глубину погружения воздушной форсунки под воду. Если воды

нет и из скважины идёт слабый ток воздуха, следует увеличить подачу воздуха или несколько приподнять водоподъёмные трубы. Иногда вода идёт с перерывами или подача воды мала. Причиной этого может быть утечка воздуха через неплотности у муфты, недостаточность воздуха или излишне глубокое расположение под водой воздухоподающей форсунки. При повышении давления в ресивере больше обычного следует проверить, не засорилась ли форсунка или воздухоподающая труба.

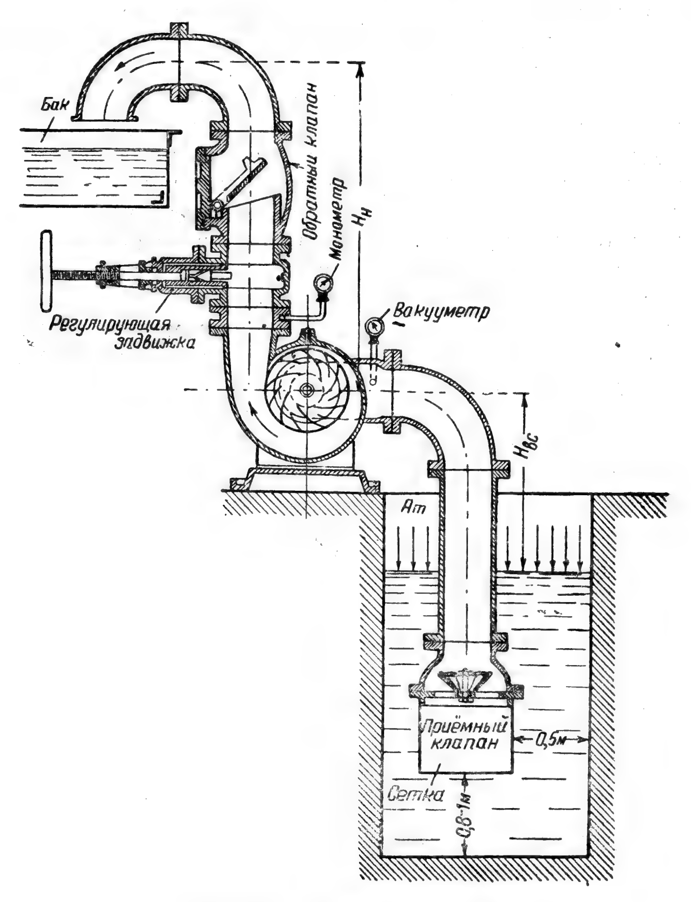


Рис. XIII.9. Центробежный насос

XIII.5. Центробежные насосы

Центробежные насосы, получившие большое распространение на радиоцентрах, имеют ряд существенных преимуществ перед

поршневыми. Они занимают значительно меньшую площадь, имеют малый вес, не требуя больших фундаментов, и допускают установку на одном валу с электромотором. Отсутствие клапанов упрощает конструкцию насосов, ремонт и уход за ними. Центробежные насосы конструируются на различные величины производительности и напора; кроме того, они допускают регулирование производительности в широких пределах путём перекрытия задвижки, стоящей на нагнетательной трубе.

В центробежных насосах (рис. XIII.9) подъём воды производится вращением колеса с лопатками, находящегося в камере насоса. К камере подключены всасывающая и нагнетающая трубы. Вода подводится к колесу с центра колеса. Вращающееся колесо захватывает своими лопастями воду и заставляет её вращаться, придавая ей большую тангенциальную скорость. Для получения больших давлений устанавливают насосы с несколькими колёсами. Перекачиваемая вода движется непрерывным потоком от источника через всасывающую трубу, насос и напорную трубу к выходу. Производительность насоса зависит от числа оборотов колеса. С увеличением числа оборотов растёт производительность насоса и одновременно возрастает и напор. Производительность насоса примерно прямо пропорцио-

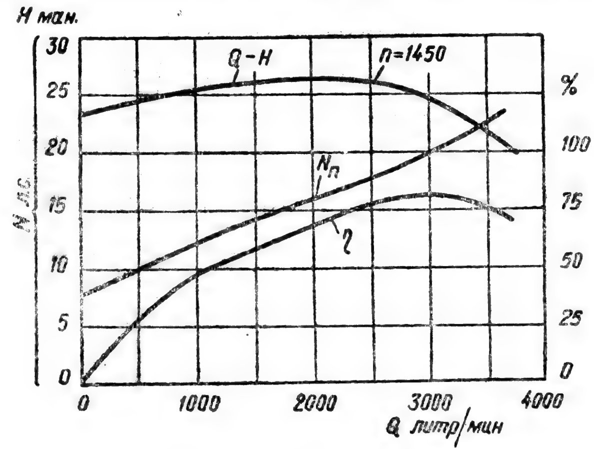


Рис. XIII.10. Характеристика зависимости между производительностью и напором насоса

нальна числу оборотов колеса, а напор — квадрату числа оборотов. Таким образом, производительность насоса и напор связаны друг с другом и нельзя изменить одну из этих величин, не изменив другой.

Характеристика зависимости между производительностью Q и напором H центробежного насоса показана на рис. XIII.10.

По вертикальной оси отложены значения: напора в метрах водяного столба $H_{ман}$, потребляемой мощности (в относительном масштабе) N_n и кпд η, а по горизонтальной — производительности насоса *Q л/мин.*

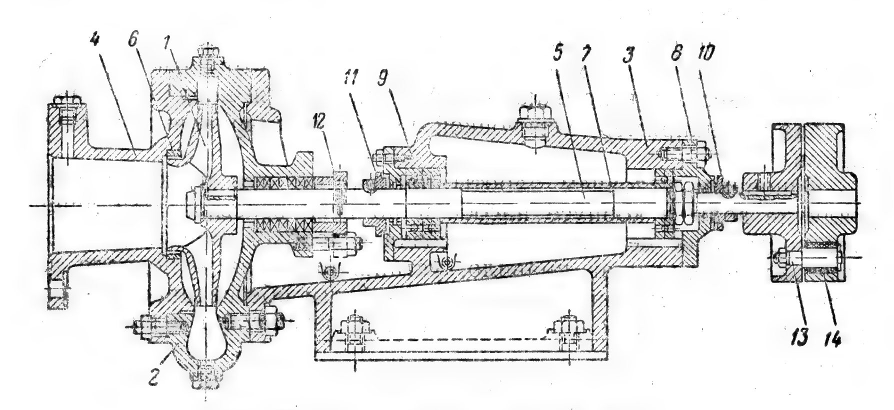


Рис. XIII.11. Конструкция насоса ЗНК

Характеристика снимается для определённого числа оборотов. Насос включают при закрытой задвижке и по достижении двигателем нормального числа оборотов постепенно открывают задвижку, регулируя ею количество подаваемой воды. Устанавливая различное значение производительности *Q л/мин,* измеряют напор по манометру. Из кривой *Q—H* следует, что напор сначала поднимается и, достигнув максимума, постепенно падает.

На рис. XIII.11 показана конструкция насоса ЗНК завода им. Калинина, где *1* — рабочее колесо, *2* — спиральный корпус, *3* — опорный кронштейн, *4* — всасывающий патрубок, *5* — вал, *6* — уплотнительное кольцо, *7* — распорная втулка, *8* — крышка пяты, *9* — крышка подшипников, *10, 11* — уплотняющие втулки, *12* — крышка сальника, *13, 14* — соединительные муфты для соединения с электродвигателем. Насос имеет горизонтальное расположение вала с односторонним подъёмом воды. Число оборотов равно 2900. Корпус насоса крепится болтами к опорному кронштейну.

Для прекращения доступа воды через неплотность вокруг вала служит сальник. Он состоит из буксы и мягкой хлопчатобумажной набивки, пропитанной тальком и смазкой. Уплотняющие кольца отделяют всасывающее пространство от напорного и выполняются обычно из бронзы. Уплотняющие кольца со временем стираются и заменяются новыми. Крышка сальника разъёмная, допускающая смену набивки.

Подшипники в новых типах насосов устанавливаются шариковые. В более ранних применялись подшипники обычной конструкции с кольцевой смазкой. На вал насоса подвешивалось свободно вращающееся кольцо. Нижняя часть кольца находилась в масле. При вращении вала вращалось и кольцо, масло прилипало к кольцу и, поднимаясь, смазывало вал.

Во время работы центробежного насоса в нём появляется осевое давление, стремящееся сдвинуть колесо от нагнетательной стороны насоса к всасывающей. Это усилие смягчают различными методами, например, установкой пяточных шариковых подшипников.

Основным условием работы насоса при его пуске является наличие воды в корпусе насоса и по всей всасывающей линии. Без воды насос не в состоянии создать необходимое разрежение. Поэтому насосы, как правило, устанавливаются в подвале или в специально устроенном углублении. Этим обеспечивается залив их водой, поскольку дно бассейна или резервуара выше уровня установки насосов.

На некоторых радиоцентрах техническое здание не имеет подвального помещения и залив насосов производится от вспомогательного бачка, сохраняющего достаточный для этой цели объём воды. В более мощных установках эту задачу выполняет вакуумнасос. Вакуумнасос, откачивая воздух, создаёт необходимое разрежение во всасывающей трубе.

Перед пуском насосов необходимо: проверить наличие масла в подшипниках и правильность положения смазочных колец; осмотреть состояние муфт сцепления и пальцев, крепление фундаментных болтов; убедиться в закрытии задвижек после насосов и в правильном положении пускового реостата у электромотора, если двигатель снабжён реостатом.

Пуск мощных насосов осуществляется при закрытой пусковой задвижке. Это не только позволяет загружать электромотор постепенно, но предохраняет систему от повреждения гидравлическим ударом. При работе насоса с закрытой задвижкой мощность расходуется на трение и нагрев воды. Поэтому не следует держать насос долго в таком режиме. Работа насоса при отсутствии воды в подающем трубопроводе приводит к перегрузке мотора.

На большинстве радиоцентров пуск насосов производится вручную. Сначала включают мотор, выводят реостат и, подняв контактные щётки, переводят реостат в начальное положение. После этого немедленно открывают водяную задвижку насоса. Эта же задвижка используется для регулирования подачи воды в систему. По достижении насосом необходимой производительности срабатывает автомат и даёт сигнал на пульт управления о наличии воды в системе.

На радиоцентрах небольшой мощности насосы пускаются дистанционно при помощи электрических контакторов. При этом пуск производится в утяжелённых для мотора условиях с открытой задвижкой.

В случае неудовлетворительной работы насоса следует проверить, не попадает ли в него воздух. Для этой цели у насосов устанавливаются контрольные краны, через которые выталкивается смесь воздуха и воды. Воздух в насос может попадать через неплотности во всасывающей линии, в корпусе насоса или через сальник. Воздушные мешки разрывают на части движущуюся струю воды, вследствие чего насос перестаёт забирать воду. При появлении воздуха следует проверить состояние набивки и равномерность затяжки сальников.

Если насос работает на меньший напор, чем он рассчитан, то следует прикрывать регулирующую задвижку во избежание перегрузки электромотора, так как в этих случаях насос сильнее нагружает мотор.

Для этой цели у многоколёсных насосов можно снять одно или несколько рабочих колёс. При первоначальном пуске нередки случаи неправильного вращения колеса насоса. Завод обычно показывает правильное направление вращения стрелкой на корпусе. Для перемены направления необходимо переключить две фазы у мотора.

Недостаточная производительность насоса может также оказаться следствием засорения фильтров, труб и т. п.

Если наблюдается нагрев подшипников и сальников, необходимо сменить смазку и ослабить затяжку. При работе насоса следят за температурой подшипников и показаниями манометра и амперметра.

Причиной уменьшения производительности насоса может явиться падение напряжения в питающей сети или засорение труб, фильтров и самого насоса, а также неправильное, неполное открытие задвижки. Перегрузка может быть вызвана срабатыванием пяточных подшипников и трением колеса об уплотнительные кольца и корпус насоса, заеданием шеек вала в подшипниках, засасыванием насосом грязной воды с большой примесью песка, увеличивающего трение.

Ликвидация неисправностей требует установки новых колец, проверки состояния подшипников и вала и исследования причин загрязнения воды.

Причиной нагрева подшипников может быть загрязнение смазки металлом или пылью и песком, применение смазки плохого качества, недостаток смазки или её утечка из подшипников, заедание кольца вследствие наличия заусениц во вкладышах, неправильное сопряжение насоса с электромотором или оседание фундамента, чрезмерная затяжка вкладышей или их изношен-

ность. При нагреве подшипников необходимо спустить грязную смазку, промыть подшипник керосином и залить новой чистой смазкой, проверив отсутствие течи и достаточность заполнения по маслоуказателю. Если кольцо не вращается — устранить заусеницы. Иногда при выбегании кольца из гнезда заменяют кольцо более тяжёлым или заменяют смазку менее густой. При срабатывании вкладышей перезаливают их или заменяют новыми. Проверяют также степень затяжки вкладышей, вращая насос от руки и если насос идёт тяжело, отпускают несколько гайки. При обнаружении неправильной установки насоса, вибрации, производят регулировку сопряжения; проверяют крепление болтов, работу соединяющей муфты, отсутствие износа кожаных или резиновых прокладок муфты и разработки вкладышей.

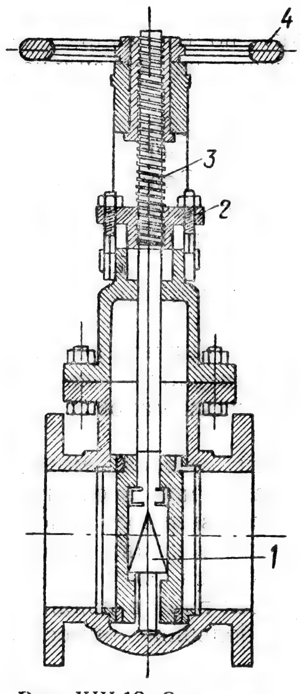


Рис. XIII.12. Задвижка Лудло

Насосная не должна иметь водоподтёков. Если по какой-либо причине имеется временная течь, необходимо её устранить или в крайнем случае осуществить отвод или собирание воды в поддон.

При остановке насоса нужно прежде всего закрыть пусковую задвижку, а затем выключить мотор. При необходимости включить резервный мотор параллельно работающему включают мотор резервного насоса при закрытой задвижке, затем, постепенно открывая её, увеличивают нагрузку насоса. Если рабочий насос должен быть выключен, то постепенно закрывают его задвижку и выключают электромотор. При необходимости параллельной работы двух насосов уравнивают их нагрузку регулировкой задвижек.

XIII.6. Водопроводная арматура

Для управления распределением воды применяется специальная водопроводная арматура, в том числе различные задвижки.

Задвижки служат для включения и выключения отдельных участков сети и для регулирования подачи воды. Наибольшее применение получили задвижки типа «Лудло» и «Москва».

Задвижка Лудло (рис. XIII.12) состоит из чугунного корпуса, соединяемого с трубопроводом при помощи двух фланцев. Корпус имеет внутри два диска, прижимаемые к стенкам двумя

клиньями, верхним и нижним (*1*); при этом диски закрывают собой отверстие для протока воды. Верхний клин имеет нарезку, по которой ходит шпиндель с маховичком (*4*). Задвижка открывается вращением маховичка. Шпиндель (*3*) верхнего фланца (*2*) поднимается и тянет за собой верхний клин, освобождая диски. При дальнейшем вращении маховика шпиндель продолжает тянуть за собой клин, который своими заплечиками захватывает оба диска и поднимает их вверх вместе с нижним клином в имеющуюся для этой цели в корпусе верхнюю полость. Отверстие трубопровода открывается.

Задвижка «Москва» имеет то отличие, что при вращении маховика шпиндель не выходит из задвижки, а верхний клин, навинчиваясь на вращающийся шпиндель, поднимается вверх и поднимает соединённые с ним запорные диски и нижний клин.

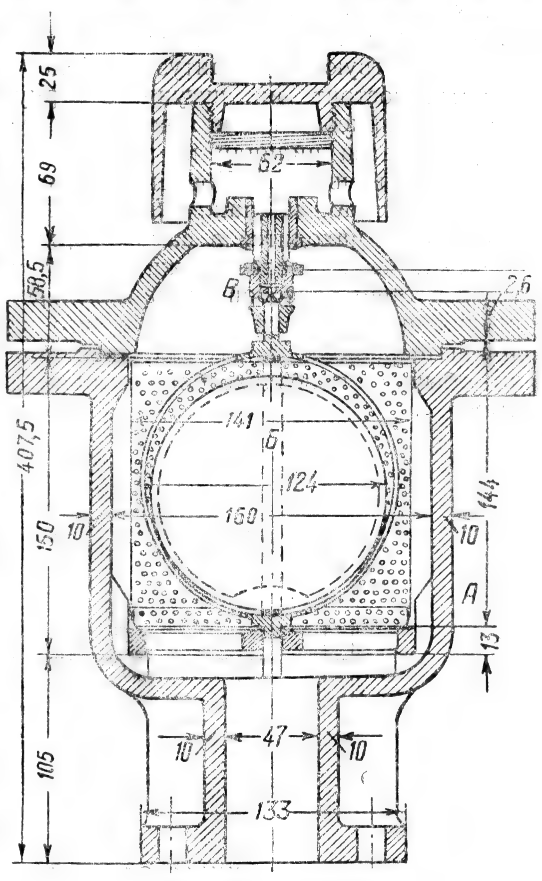


Рис. XIII.13. Вантуз

Сложность водопроводной сети радиоцентров заставляет применять в эксплуатации много задвижек. Трудности, сопряжённые с временным изъятием задвижек из сети, требуют внимательного наблюдения за их состоянием. Необходимо по заранее намеченному плану систематически провёртывать и смазывать шпиндель задвижки во избежание заедания или тугого хода. При монтаже задвижки следует её предварительно разобрать, тщательно осмотреть, прочистить все части и проверить при сборке герметичность затвора, сменив, если нужно, клингеритовую прокладку. Каждая задвижка должна иметь свой номер в соответствии с монтажной схемой.

В водопроводных системах радиоцентра иногда создаётся скопление воздуха в отдельных участках сети, например, на изгибах в охладителях и т. д. Воздух, выделяясь из воды, образует «воздушные мешки», которые создают временные перерывы в поступлении воды и толчки, видимые по качанию стрелки манометра. Для удаления воздуха в системе устанавливают вентили или краны. Значительно удобнее пользоваться для этой цели автоматически действующими вантузами (рис. XIII.13).

Вантуз состоит из чугунного корпуса *А*, имеющего внизу фланец для присоединения к водяной сети. Внутри чугунного корпуса установлен цилиндр из медной сетки, посредине которого плавает полый шар *Б*. Крышка чугунного корпуса имеет отверстие, закрываемое клапаном *В*. Обычно вантуз внутри заполнен водой и шар находится в самом верхнем положении. Воздух, постепенно скапливаясь, отжимает воду из вантуза, шар опускается и тянет за собой клапан. Отверстие вантуза открывается и воздух выходит наружу, после чего вантуз вновь заполняется водой и шар, поднимаясь, закрывает клапан. Вантуз устанавливают обычно на воздухосборном баке, включённом в общую систему.

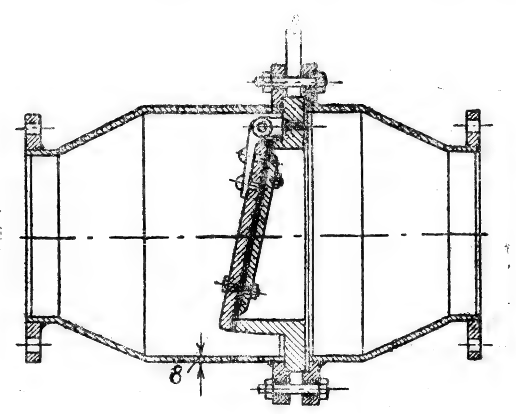


Рис. XIII.14. Обратный клапан

В тех случаях, когда необходимо обеспечить движение воды только в одном направлении, используются обратные клапаны (рис. XIII.14).

Обратные клапаны устанавливаются, например, на водонапорной трубе насоса с тем, чтобы предохранить его от гидравлического удара при внезапной остановке и на выходе трубы из водонапорной башни. Устройство обратного клапана очень просто. При движении воды справа налево клапанная крышка

под давлением воды открывается. С прекращением давления или с переменой направления потока воды клапанная крышка действием встречного потока закрывается.

XIII.7. Брызгальные бассейны

Брызгальные бассейны располагают на открытой площадке, длинной стороной перпендикулярно к направлению летних ветров, а по отношению к зимним ветрам таким образом, чтобы влажный воздух относился в сторону от сооружений радиоцентра.

Эффективность работы брызгального бассейна в значительной степени зависит от метеорологических условий и от направления и скорости ветра. Степень охлаждения зависит также от правильной работы брызгал, от размеров капель и струек, образующихся при разбрызгивании, от температуры, влажности и количества воздуха, поступающего к поверхности охлаждения над брызгалами (водяной факел).

Для уменьшения уноса воды вокруг бассейна сооружают откосы с уклоном к бассейну, ограниченные бортами высотой в 0,2—0,3 *м* с тем, чтобы расстояние от крайнего брызгала до борта составляло не менее 6—8 *м*. Брызгалы располагают друг от друга на расстоянии 1,2—1,5 *м*. Из различных типов брызгал на радиоцентрах основное распространение получили тангенциальные брызгалы (рис. XIII.15).

Работа брызгал требует к себе внимания. Нужное разбрызгивание с образованием факела возможно лишь при правильно выбранном давлении воды, подходящей к брызгалу, и при тщательном выполнении внутренней поверхности брызгал. Если получающиеся при разбрызгивании капли имеют большой размер или вместо капель вода бежит струйками,— охлаждение будет недостаточным. С другой стороны, излишнее распыливание воды приводит к большим потерям её вследствие уноса ветром. Если вода загрязнена и содержит много солей, происходит быстрое засорение брызгал. В условиях эксплуатации брызгалы должны постоянно поддерживаться в чистом состоянии и систематически сниматься для прочистки, особенно там, где вода жёсткая и на брызгалах осаждается накипь. На место снятых устанавливаются резервные брызгалы. Очистка брызгал производится путём прокаливания и промывки их раствором соляной кислоты крепостью в 2—4% для стальных и 10—15% для бронзовых и чугунных брызгал.

При сильных ветрах, если позволяет температура, следует снижать напор воды перекрытием задвижек. В среднем в летнее время требуется при мягкой воде и умеренных ветрах ежедневное пополнение бассейна в объёме 4—5% от всего количества оборотной воды и до 6—7% при сильных ветрах и жёсткой воде.

В зимнее время часть брызгал или все они выключаются и из распределительных труб спускается вода. Возможность этого следует предусмотреть при монтаже труб.

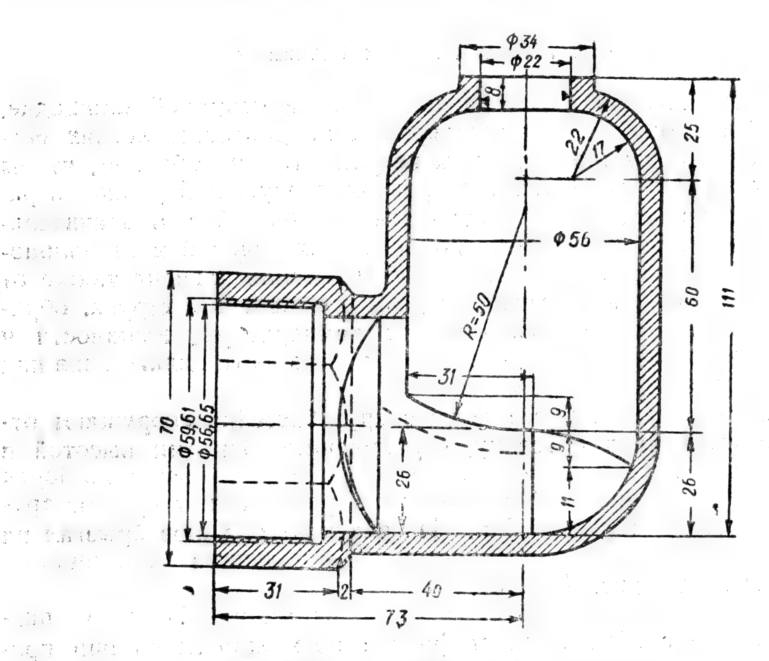


Рис XIII.15. Тангенциальные брызгалы

Бассейн и подводящие трубы должны подвергаться периодической очистке. Большинство бассейнов состоит из двух половин, что позволяет осуществлять поочерёдную их чистку без перерыва в работе передающих устройств. Чистку бассейнов следует производить осенью, когда температура воздуха снижается и можно не опасаться перегрева воды, оставшейся в резерве. Из бассейна спускают значительную часть воды, после чего металлическими щётками очищают стенки и дно бассейна и промывают их водой. Стекающую жидкую грязь вычерпывают, затем тщательно промывают фильтр на засасывающей трубе и наполняют часть бассейна. После вторичной промывки наполняют бассейн окончательно.

Рекомендуется также опускать в бассейн перед водоприёмным отверстием полукруглый щит-сетку, обеспечивающий дополнительную фильтрацию воды.

На некоторых радиостанциях всасывающая труба находится не в самом бассейне, а в специально пристроенном водоприём-

нике. Для очистки трубы нужно закрыть доступ воды в водоприёмник и освободить его от имеющейся воды. Всасывающая труба должна во всех случаях находиться в той части бассейна, где вода наиболее спокойна; отверстие трубы должно быть приподнято над дном, чтобы не засасывать отстоявшегося ила и грязи; труба обязательно снабжается на конце сеткой во избежание проникновения в систему охлаждения мелких предметов и грязи. В летнее время в эксплуатации возможны аварии из-за проникновения в трубы мелких лягушек, рыб и т. п. Будучи засосаны водой, они застревают в системе и при однокольцевой системе охлаждения могут явиться причиной гибели ламп.

При наличии только одного бассейна всасывающую трубу для регулярной её очистки следует делать гибкой или на шарнире с тем, чтобы очистка всасывающей сетки не требовала выпуска всей воды из бассейна.

В процессе эксплуатации вследствие повседневного усиленного испарения концентрация солей в воде бассейна может постепенно увеличиваться, и вода будет становиться всё более жёсткой. В этих случаях необходима периодическая смена воды в бассейне.

С накипью и загрязнением воды можно бороться путём проведения предварительной очистки. Так, во избежание появления микроорганизмов применяют хлорирование воды в бассейне. Против излишней жёсткости используют химические реактивы.

Одним из способов умягчения воды является перевод солей кальция и магния в весьма мало растворимые в воде соединения, выпадающие осадком. Это достигается обработкой воды известью, содой, едким натром, тринатрий-фосфатом и карбонатом бария. Чаще всего используется известково-содовый способ.

При применении искусственного умягчения следует обращать внимание на правильную дозировку реагентов, так как избыток их может повлечь за собой разъедание металлических частей системы. Кроме того, например, избыток извести может повлечь за собой образование на анодах твёрдой накипи.

При правильном применении реактивов не только не образуется новая накипь, но и разрыхляется старая. Однако разрыхление накипи вызывает появление механических частиц, могущих засорить систему. Поэтому во всех случаях умягчения воды рекомендуется получить консультацию в местных органах санитарного надзора. В первое время применения реагентов необходимо также следить за удельным сопротивлением воды и отсутствием усиленной коррозии вследствие электролиза.

В процессе эксплуатации ведут систематическое наблюдение за уровнем воды в бассейне. Уровень воды не должен опускаться больше чем на 0,3—0,5 *м* от борта бассейна.

XIII.8. Эксплуатация внутреннего кольца системы охлаждения

Эксплуатация водоохлаждающих устройств в основном сводится к содержанию всей системы в чистоте и порядке. Главной причиной технических остановок по вине системы водоохлаждения является засорение труб осадками от усиленного осаждения накипи и коррозии системы.

В зависимости от индивидуальных особенностей охлаждающей системы и местных условий чистка производится через различные промежутки времени. Внутреннее кольцо с дистиллированной водой, выполненное полностью из цветного металла и фарфора, может оставаться без чистки в течение многих месяцев. Система с проточной водой или однокольцевая система, заполняемая жёсткой водой из скважины, покрывается осадками в течение 7—8 дней. В системах со стальными оцинкованными трубами охлаждающая вода быстро приобретает красноватый цвет из-за окисления стали. Поэтому должен быть организован систематический контроль качества воды.

Одним из методов контроля является периодическое взятие проб воды для измерения её сопротивления. Для этой цели воду наливают в узкую стеклянную, изогнутую коленом трубку и измеряют сопротивление водяного столба. Удельное сопротивление воды в системе должно быть не менее 4000 *ом* на 1 *см*^{3}. (Удельное сопротивление вновь заливаемой дистиллированной воды равно 40 000 *ом* на 1 *см*^{3}.) По другому методу контроля резиновый шланг, отводящий воду, разделяется недалеко от анода лампы на две части и между ними вставляется кусок металлической трубы (рис. XIII.16), соединяемый проводом с анодом лампы. В провод включается миллиамперметр. При пуске в систему свежей воды записывается в журнал показание миллиамперметра, регистрирующего утечку тока. Со временем, когда вода ухудшает свои свойства, утечка тока возрастает, и воду необходимо менять. При наличии некоторого эксплуатационного опыта можно нормировать максимально допустимый ток утечки, регистрируемый миллиамперметром и, следовательно, определять сроки для смены воды. Ток утечки должен быть небольшим — порядка 10 *ма* на лампу.

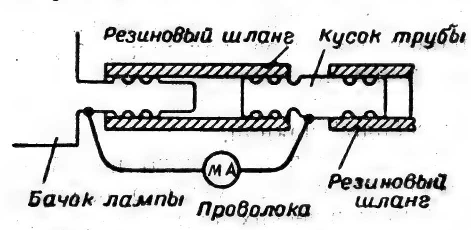


Рис. XIII.16. Схема контроля качества воды

Наибольшие затруднения в эксплуатации причиняет накипь в охлаждающей системе. Немногие радиостанции, которые ещё

сохранили однокольцевую систему охлаждения, вынуждены уделять много внимания осаждению накипи, особенно слою накипи, создаваемой жёсткой водой на анодах ламп. Накипь обладает очень плохой теплопроводностью и условия охлаждения ламп поэтому значительно ухудшаются, система засоряется, количество протекаемой охлаждающей воды уменьшается и лампы могут погибнуть, если не будут приняты предупредительные меры. Слой накипи на анодах нужно регулярно очищать, избегая при этом механических сотрясений ламп.

В процессе чистки надо всё время сохранять вертикальное положение лампы. При жёсткой накипи, в состав которой входят, главным образом, карбонаты, применяют преимущественно химический способ. Для этой цели подготавливают три достаточно глубоких сосуда с тем, чтобы лампа могла стоять в них вертикально. В один из них наливают 10-процентный раствор соляной кислоты, во второй 10-процентный раствор щёлочи и в третий — тёплую воду. Очищаемую лампу погружают в раствор кислоты почти до самого фланца, избегая смачивания места спая стекла с медью, и держат её там пока длится химическая реакция, видимая по выделению пузырьков газа. Реакцию усиливают, очищая одновременно накипь с анода лампы деревянной палкой, конец которой обмотан ветошью. После промывки кислотой лампу погружают в щёлочь, нейтрализуя остатки кислоты во избежание последующего окисления анода. После щелочной ванны лампу опускают в тёплую воду и основательно промывают.

В эксплуатации известны случаи, когда промывка соляной кислотой не даёт очищения от накипи. Это зависит от химического состава воды. В случае преобладания гипсовой и силикатной накипи применяется щёлочно-фосфатный способ чистки: 3—5 *г* тринатрий-фосфата и столько же едкого натрия на 1 *кг* воды.

Разрыхлённая накипь удаляется механическим способом с применением необходимых предосторожностей, чтобы не повредить лампу.

В основном же метод борьбы против обильного отложения накипи на анодах ламп заключается в снижении температуры на аноде, т. е. повышении скорости протекания воды через водоохлаждающую систему.

При нерегулярных осмотрах накипь нарастает толстым слоем на аноде лампы и не удаётся без повреждения вытащить её из бака или снять фланец. Особенно быстро зарастают отверстия для ввода и вывода воды.

На бачках, вылуженных внутри, получается меньше накипи. Для очищения внутренней системы у входа воды из охладителя иногда устанавливают фильтр, улавливающий механические примеси.

Излишне частая очистка системы от накипи, связанная с разбором труб, шлангов, выниманием ламп и т. д., быстро расшатывает детали креплений и не безопасна для целости ламп, особенно там, где они вынимаются с трудом из бака. Поэтому в необходимости чистки нужно предварительно убеждаться с помощью переносного водомера, и по измеренному количеству протекающей воды определять степень засорения системы. Если воды проходит мало, приступают к очистке системы.

К бачкам ламп и охлаждаемым катушкам колебательного контура подводят гибкие металлические шланги от небольшого переносного насоса. При помощи насоса перегоняют 10-процентный раствор соляной кислоты через анодную катушку с бачками и вставленными в них лампами. Раствор кислоты помещается в стеклянную банку, откуда она засасывается насосом, и под напором проходит через систему, стекая назад в другую банку. Раствор прогоняют в течение 5—10 минут, после чего основательно промывают систему чистой водой, выпуская её в канализацию.

Резиновые шланги чистят отдельно, протаскивая через них щётку-ёрш на проволоке.

Если в системе вместо резиновых шлангов применены фарфоровые стенды, всю систему, включая охладители, можно очищать этим же способом без её разбора на части.

В тех случаях, когда соляная кислота не даёт необходимых результатов, применяют реагенты. При слизистых осадках применяют продувку системы тёплым воздухом с последующей промывкой водой. Для этой цели используется воздух, нагнетаемый компрессором. Маслянистые, илистые и глинистые осадки очищаются 4—6-процентным раствором каустической соды. При этом раствор подогревают до 45—50°.

Теплообменники чистят, отключая их поочерёдно от системы и заполняя 40-процентным раствором соды. После нескольких часов раствор спускают, теплоохладитель вскрывают, выдвигают внутренние трубки и очищают их от осадков металлическими щётками.

Бачок лампы при включённом передатчике находится под высоким напряжением постоянного тока. Труба, подводящая воду, имеет нулевой потенциал земли. Разность потенциалов между этими двумя точками гасится в резиновых или фарфоровых стендах. В зависимости от диаметра шланга и качества воды через водяной столб происходит утечка тока, вызывающая электролиз медного ниппеля бачка, к которому крепится конец резинового шланга. Если своевременно не принять мер, ниппель будет разъеден электролизом и шланг отпадёт.

Струя воды, с силой выбрасываемая из лампы, несёт на себе потенциал анода и опасна для обслуживающего персонала. При появлении течи необходимо немедленно выключить высокое на-

пряжение и устранить просачивание. Иногда применяются специальные защитные экраны, одеваемые на лампу.

Для борьбы с электролизом предложено несколько методов:

Первый метод заключается в том, что к бачку лампы крепится только небольшой кусочек шланга, затем вставляется кусок металлической трубы, обречённой на разъедание и уже к ней крепится основной шланг (см. рис. XIII.16). Ниппель бачка и отрезок трубы соединяются электрически, куском проволоки. Таким образом, потенциал анода переносится на отрезок трубы и разъедание ниппеля приостанавливается.

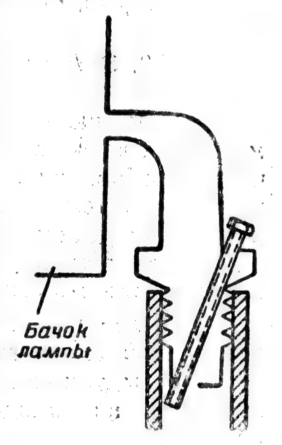


Рис. XIII.17. Защита ниппеля от коррозии

На большинстве передатчиков применяется другой способ (рис. XIII.17). Бачок лампы имеет в ниппеле специальный медный болтик, который выдаётся в воду дальше всех других металлических частей и, следовательно, подвергается ускоренному разъеданию. Через каждые 20—30 дней болтик заменяется новым.

Следующий метод защиты основан на неодинаковом разъедании металлов электрическим током. Опыт показал, что более стойким металлом является свинец. Поэтому было предложено изготовлять ниппель бачка свинцовым или баббитовым. Ниппели, сделанные из баббита, сменяются один раз в 2—3 года.

Увеличение длины резиновых шлангов и правильный подбор фарфоровых стендов уменьшает ток утечки и, следовательно, также является сравнительно простым и надёжным средством для уменьшения разъедания металла в системе.

При применении стальных труб во внутреннем кольце наблюдается коррозия также по другую сторону охлаждающего стенда, у места его присоединения к заземляющему концу. Наличие постоянного электрического тока утечки создаёт явление электролиза между медной поверхностью бачка и сталью, из которой сделаны трубы. Это имеет место и при дистиллированной воде, так как практически ток утечки всегда сохраняется в большей или меньшей степени. Для уменьшения разъедания системы необходимо снять электрический потенциал у самого входа воды в стальную трубу. Поэтому начало труб должно быть хорошо заземлено для сокращения пути току утечки.

По предложению П. А. Острякова и Н. В. Зарянова можно включать до начала стальных труб насадку, состоящую из куска медной трубы.

Применение дистиллированной воды, повидимому, усиливает коррозию вследствие особо энергичного поглощения водой кислорода из воздуха. Для ослабления этого явления предлагается устанавливать непосредственно за сливом из бачков фильтр в виде отрезка стальной трубы, заполненной стальными стружками, которые, окисляясь, поглощают кислород.

XIII.9. Экономичность работы водоохлаждающих систем

Технологические показатели водоохлаждающих систем, применяемых на передающих радиостанциях, ещё достаточно не изучены. Требования ламповых заводов ограничиваются указанием предельной температуры отходящей от ламп воды и количества воды, пропускаемой через рубашку анода (1,5 *л* в минуту на 1 *квт* рассеивания). При этом оговаривается, что вода не должна иметь жёсткость выше 0,17 *г/л*.

Наиболее правильным было бы установление определённой предельной температуры на аноде ламп в зависимости от жёсткости воды, так как чем жёстче вода, тем ниже должна быть температура на аноде лампы в целях уменьшения выпадения осадков.

При чистой воде предельная температура определяется отсутствием кипения и образования слоя пузырьков пара у анода ламп, когда резко ухудшаются условия теплопередачи. В практике работы систем водоохлаждения ещё не разработана рациональная эксплуатация теплообменников и бассейнов с брызгалами. Между тем, здесь имеются предпосылки для получения большой экономии по электроэнергии. Для этого необходимо, чтобы обслуживающий персонал руководствовался в своей работе показаниями термометров и оценкой метеорологических условий в каждый данный момент, регулируя перепады температур в бассейне, в охладителе и у анодов ламп.

По существующим техническим требованиям предельная температура для отходящей от анодов ламп воды установлена в 70°Ц. Однако большинство действующих систем рассчитано на предельную температуру в 60°Ц. Практический перепад температур во внутреннем кольце устанавливается в 8—10°. Следовательно, вода в этом случае будет поступать к лампам при температуре в 50—52°Ц. Фактически на многих станциях и особенно там, где имеются политеновые шланги, предельные температуры устанавливаются более низкими, так как используются запасы теплоохлаждения, заложенные в систему при проектировании.

Перепад для внешнего кольца устанавливается в 4—5°Ц. Таким образом, летом температура воды, поступающей из бассейна, может достигать 40—45°.

Перепад температур

$$\Delta t = t_2 - t_1 = f\left(\frac{J}{Q}\right),$$

где Q — количество тепла в час, отводимое от ламп в больших калориях, а J — количество оборотной воды в *кг/час*. Следовательно, перепад определяется значением Q, т. е. производительностью насоса. Повышая температуру воды, отходящей от лампы, можно получить экономию при строительстве систем охлаждения. Регулируя действие насосов применительно к метеорологическим условиям, можно получить экономию по эксплуатационным расходам.

Проверяя качество работы установленных брызгал и производя их периодическую очистку, можно значительно улучшить охлаждение воды в бассейне.

Для правильной эксплуатации санитарно-технического хозяйства водоохлаждения должны иметься точные графики проведения профилактических работ, основанные на изучении местных условий и на данных измерений количества проходящей через систему воды, и её сопротивления электрическому току.

ГЛАВА XIV

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНО-КАБЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

XIV.1. Общие сведения

Наблюдение и контроль за состоянием линейно-кабельных сооружений в большинстве случаев осуществляются линейно-техническими узлами или штатом телеграфного узла и радиоаппаратных. В некоторых пунктах эта обязанность возложена на персонал передающих радиостанций, где обычно сосредоточивается измерительная аппаратура.

В подавляющем большинстве случаев радиоцентры соединяются с радиоаппаратными кордельными кабелями и в редких случаях сохранились ещё воздушные линии.

В соответствии с правилами технической эксплуатации техническое состояние кабельных и воздушных соединительных линий определяется нормами сопротивления изоляции, величины затухания переходных токов, активного сопротивления шлейфа и омической асимметрии.

Для кордельных кабелей эти нормы указаны в табл. XIV.1.

Таблица XIV.1

Нормы для кордельных кабелей

Диаметр жилы, *мм*	Сопротивление изоляции на 1 *км*, не менее мегом $t = 20°$Ц	Ёмкость пары в *мкф* на 1 *км*		Активное сопротивление на 1 *км* одного провода, не более, *ом*	Омическая асимметрия *ом*
		неэкранированные цепи, не более	экранированные цепи, не более		
0,8	10 000	0,034	0,036	36,1	3
0,9	10 000	0,034	0,036	28,5	3
1,0	10 000	0,034	0,036	23,5	2
1,2	10 000	0,036	0,038	16,4	2
1,4	10 000	0,036	0,038	11,9	

Переходное затухание для экранированных пар должно быть не менее 11 *неп*, для неэкранированных — 8 *неп*.

Для воздушных линий сопротивление изоляции каждого из проводов по отношению к земле должно быть не менее 2 *мгом/км* в сырую погоду.

Для медных, биметаллических и алюминиевых цепей величина асимметрии постоянному току не должна превышать 2 *ом*, а для стальных цепей диаметром 4 и 5 *мм* — 5 *ом*.

Уровень помех в соединительных линиях должен быть не выше —20 *дб* по отношению к минимальному уровню сигнала. Следовательно, при передачах телефоном и динамическом диапазоне в 40 *дб* уровень шумов должен быть не выше —60 *дб* по отношению к уровню максимального сигнала. Для воздушных линий эта норма может быть понижена до —52 *дб*, для работы телеграфом до — 40 *дб*. Измерение линий связи производится постоянным и переменным током.

С помощью постоянного тока определяются: а) сопротивление шлейфа, б) асимметрия цепи, в) сопротивление изоляции между проводами и на землю, г) ёмкость цепи.

Переменным током измеряются: а) переходное затухание, б) входное сопротивление цепи, в) уровень шумов.

Периодичность измерений устанавливается правилами технической эксплуатации. Полученные результаты измерений систематически заносятся в линейный журнал для каждой пары.

XIV.2. Измерение сопротивления шлейфа

Измерение сопротивления шлейфа, составленного из двух проводов одинакового диаметра и материала, производится по

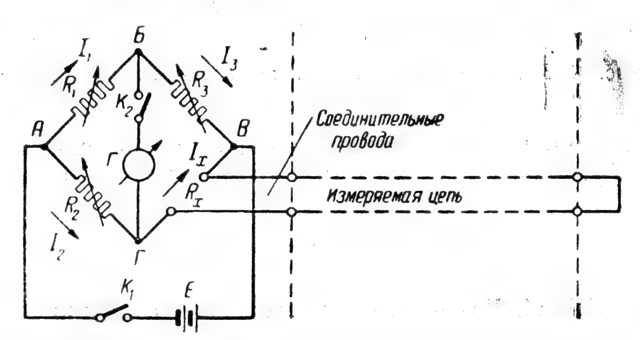


Рис. XIV.1. Схема измерения сопротивления шлейфа

схеме рис. XIV.1. Для измерения используется обычный мост постоянного тока.

Баланс достигается путём подбора сопротивлений в плечах:

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_3 .$$

При измерениях следует для точности сначала замкнуть соединительные провода прибора накоротко и измерить их сопротивление, а затем вычесть из измеренного R это значение.

При измерениях малых величин R_x необходимо также соблюдать чистоту контактных поверхностей и обеспечить хороший контакт с подключаемым сопротивлением.

XIV.3. Измерение асимметрии проводов

Для определения асимметрии проводов используют схему рис. XIV.2.

В качестве вспомогательного провода может быть использована земля, но лучше пользоваться проводом. Измерение производят при помощи моста, измеряя сопротивление сначала одного провода R_a, а затем второго R_b. Асимметрия выразится разностью:

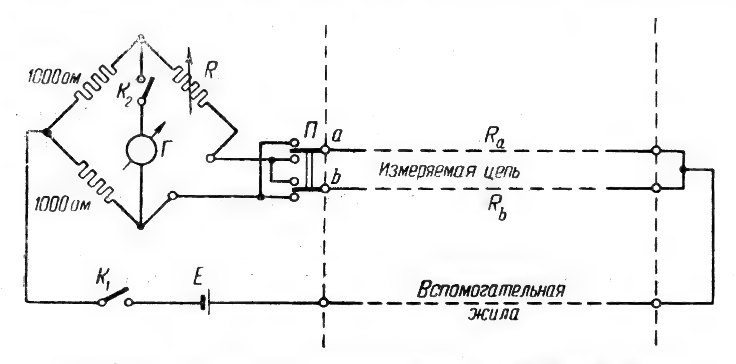


Рис. XIV.2. Схема для определения ассиметрии проводов

$$\Delta R = R_a - R_b.$$

XIV.4. Измерение сопротивления изоляции

Измерение сопротивления изоляции в кабелях обычно производится методом сравнения.

Схема измерения изоляции двухпроводной линии показана на рис. XIV.3. Сначала зажимы a и b закорачивают перемычкой

K_2 и, включая кнопку K_1, определяют отклонение прибора I_0, затем перемычку снимают и к зажимам a и b подключают измеряемый провод линии и землю.

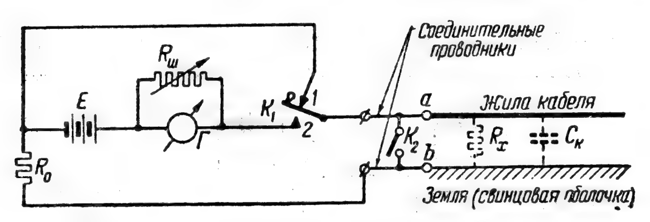


Рис. XIV.3. Схема для измерения изоляции

Нажимая кнопку, получают отклонение I_x. Тогда сопротивление изоляции между проводом и землёй будет равно:

$$R_x = R_0\left[\frac{I_0}{I_x} - 1\right],$$

где значение R_0 известно.

При измерении изоляции между проводами сохраняется тот же метод подсчёта. К клеммам a и b подключается разомкнутая на конце линия.

Сопротивление R_0 берётся достаточно большим (300—100 тыс. *ом*).

XIV.5. Измерение ёмкости линии

Для измерения ёмкости линии используют метод сравнения при помощи баллистического гальванометра. Метод основан на сравнении величин электрических зарядов, которые получает измеряемая ёмкость и ёмкость эталонная при подключении их к батарее электрического тока с постоянным напряжением.

Количество электричества в этом случае будет

$$Q = EC.$$

Если полагать E постоянным, то очевидно величина заряда определится величиной ёмкости.

Подключая к батарее сначала эталонную ёмкость C_0, заряжают её, а затем разряжают на гальванометр. Гальванометр даст отклонение α_1, пропорциональное величине заряда эталонной ёмкости. Затем подключают к батарее вместо эталонной ёмкости измеряемую и повторяют процесс заряда и разряда, получая отклонение гальванометра α_2.

Неизвестная ёмкость:

$$C_x = C_0 \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

Измерение ёмкости производится по схеме рис. XIV.4. При помощи переключателя $П_1$ подключают эталонную и измеряемую

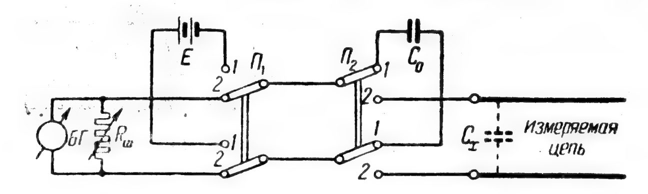


Рис. XIV.4. Схема для измерения ёмкости

ёмкости попеременно к батарее питания или к зажимам гальванометра. Переключателем $П_2$ подключают измеряемую ёмкость C_x или эталонную C_0.

Индикатором служит гальванометр *БГ*, снабжённый шунтом. При измерении сначала ставят переключатель $П_2$ в положение *1—1*, подключая C_0. Переключатель $П_1$ при этом ставят в положение *1—1*, а затем быстро переводят в положение *2—2*. При этом конденсатор C_0 разряжается через гальванометр, дающий отклонение α_1. Затем измерение повторяют, ставя переключатель $П_2$ в положение *2—2*. Гальванометр даст новое отклонение α_2. Зная величину C_0, определяют C_x. Если ёмкости сильно различаются и при измерениях было необходимо изменять значение шунта гальванометра, то это учитывают следующим образом.

Если коэффициент шунтирования гальванометра при первом измерении равен n_1, а при втором n_2, то величина ёмкости измеряемой цепи будет равна:

$$C_x = C_0 \frac{\alpha_2 n_2}{\alpha_1 n_1}.$$

При измерении кабельных линий следует переключатель $П_1$ задерживать в положении *1—1* не менее 1 минуты.

XIV.6. Измерение переходного затухания

Как известно, между параллельно идущими проводами или жилами кабеля имеются взаимные связи, которые являются причиной перехода передаваемых сигналов с одной пары на другую.

Степень взаимного влияния между парами выражается величиной переходного затухания.

Для измерения переходного затухания подают в одну пару, называемую влияющей цепью, ток от звукового генератора. Прослушивая силу звука в телефон или измеряя напряжение звуковой частоты на второй паре, подверженной влиянию, определяют величину переходного затухания.

Измерение переходного затухания между двумя парами производится по схеме рис. XIV.5, где *МЗ* — магазин затухания, *И*—индикатор уровня, Z_1 и Z_2 — сопротивления нагрузки линии.

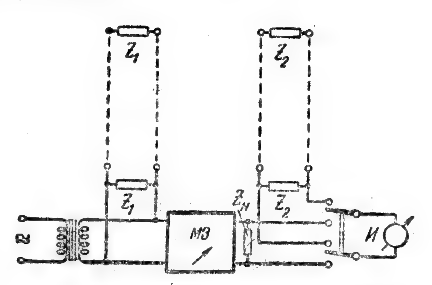


Рис. XIV.5. Схема для измерения переходного затухания

В условиях радиовещания передача программы производится по экранированным парам кабеля и только в одном направлении. Поэтому измеряется влияние только на одном конце. При этом переходное затухание определяется как разность между уровнем передачи во влияющей цепи и уровнем приёма в цепи, подверженной влиянию на ближнем конце. При измерениях концы обеих цепей — влияющей и подверженной влиянию — замыкаются на рабочее сопротивление.

Измерение производят методом сравнения. Подают от звукового генератора ток в линию с частотой 1000 *гц* и определяют показание индикатора при подключении к нему линии, подверженной влиянию. Затем подключают индикатор к магазину затухания.

Вводя затухание, добиваются такого же отклонения прибора, как и при первом измерении. Это же измерение можно производить, пользуясь телефоном и добиваясь одинаковой слышимости при обоих положениях переключателя. Отсчёт по магазину затухания даст непосредственное значение переходного затухания. Выход магазина затухания должен быть согласован с входным сопротивлением измеряемой линии.

Для получения необходимой точности измерения следует перед началом проверить достаточность величины переходного затухания непосредственно между генератором и индикатором уровня. Это проверяют, замыкая измерительные провода на сопротивления, равные волновым сопротивлениям измеряемых линий и производя измерение переходного затухания. Если затухание получается недостаточным, необходимо его повысить изменением взаимного расположения генератора и индикатора уровня, улучшением экранировки приборов, применением экранированных проводов и тщательным заземлением всех экранов.

XIV.7. Измерение уровня шумов в линии

Измерение производят при помощи схемы рис. XIV.6, где *У* — усилитель с симметричным входом и с известным коэффициентом усиления и *в* — вольтметр.

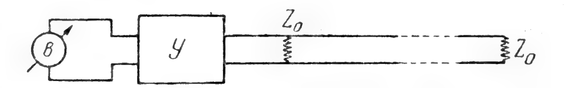


Рис. XIV.6. Схема для измерения уровня шумов

Измеряемая линия загружается рабочими сопротивлениями с обеих сторон и к ней подключается измерительный усилитель. Зная коэффициент усиления усилителя, пересчитывают измеренное прибором напряжение к входу усилителя, а зная максимальное напряжение, подаваемое в линию для получения стопроцентной модуляции, и беря отношение измеренного шума к максимальному напряжению, получают значение шума, выраженное в децибелах:

$$\text{уровень шума} = 20 \lg \frac{U_{изм}}{U_{макс}} \ дб.$$

XIV.8. Снятие частотной характеристики линии

Схема измерений показана на рис. XIV.7, где *ЗГ* — звуковой генератор, KB_1 — ламповый вольтметр или другой индикатор для поддержания напряжения в начале линии постоянным, KB_2 — ламповый вольтметр в конце линии. Линия нагружается на рабочее сопротивление нагрузки Z_0, которое не должно заметно изменяться с подключением сопротивления прибора KB_2.

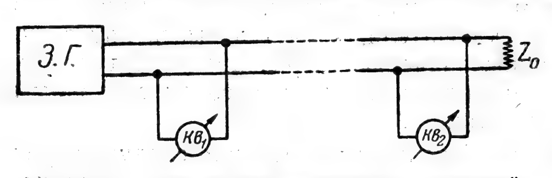


Рис. XIV.7. Схема для измерения частотной характеристики линии

Звуковой генератор должен быть рассчитан на работу при нагрузке линии. Измерение проводят последовательной подачей в линию звуковых частот, поддерживая значение U_1 постоянным и измеряя одновременно напряжение на втором конце U_2. Затухание линии для отдельных частот вычисляют по формуле:

$$N_{дб} = 20 \lg \frac{U_1}{U_2}$$

и по полученным данным строят частотную характеристику линии:

$$N = F(f).$$

По горизонтальной оси для нанесения значения частоты удобно пользоваться логарифмическим масштабом, а по вертикальной оси для значения затухания — обычным.

Если линия имеет корректирующие устройства, то они должны входить в состав измеряемой линии.

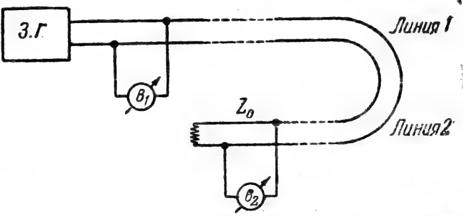


Рис. XIV.8. Схема для снятия частотной характеристики с использованием двух линий

При наличии нескольких линий измерение можно производить с одного конца, замкнув две одинаковые линии на противоположном конце шлейфом (рис. XIV.8). Для этого случая затухание линии определяется делением результатов пополам (корректирующее устройство или должно отсутствовать или должно быть одинаковым для обеих линий).

Иногда в качестве индикаторов используются индикаторы уровня, показывающие уровень напряжения, выраженный непосредственно в децибелах. Тогда затухание равно:

$$N_{дб} = U_{1дб} - U_{2дб}.$$

XIV.9. Измерение входного сопротивления

Для измерения входного сопротивления линии используют дифференциальный мост переменного тока, схема которого показана на рис. XIV.9.

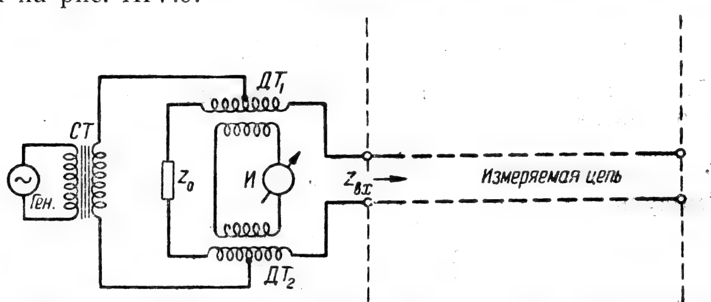


Рис. XIV.9. Схема для измерения входного сопротивления линии

Мост питается через трансформатор *СТ* от звукового генератора *Ген.* В другую диагональ моста через трансформаторы

ДТ-1 и *ДТ-2* включён индикатор *И* — измеритель уровня или телефон.

При измеряемых комплексных сопротивлениях с небольшой ёмкостной слагающей в левое плечо моста включается комплексное сопротивление Z_0, состоящее из включённых параллельно друг другу эталонной переменной ёмкости C_0 и эталонного сопротивления R_0. В правое плечо моста включается корректирующий конденсатор C (не показанный на схеме) и параллельно к нему — измеряемое комплексное сопротивление $Z_{вх}$ линии. Сначала уравновешивают мост при отключённой линии, но с включёнными соединительными проводниками, разомкнутыми на конце, что позволяет уравновесить паразитные ёмкости.

Затем устанавливают эталонные ёмкость C_0 и сопротивление R_0 в нулевое положение и, изменяя ёмкость C, добиваются минимального отклонения прибора индикатора или минимальной слышимости в телефоне. По достижении баланса подключают к зажимам измеряемую линию $Z_{вх}$ и подбором C_0, R_0 добиваются вновь баланса моста.

Для измерения комплексных сопротивлений с большой ёмкостной слагающей применяют схему с последовательным включением C_0, R_0.

В момент равновесия для случая параллельного включения C_0R_0 (малая ёмкостная слагающая):

$$Z_{вх} = \frac{R_0 \dfrac{1}{i\omega C_0}}{R_0 + \dfrac{1}{i\omega C_0}},$$

откуда модуль

$$Z_{вх} = \frac{R_0}{\sqrt{1 + \omega^2 R_0^2 C_0^2}}$$

и фазовый угол

$$S_{вх} = -\operatorname{arc\,tg} \omega R_0 C_0.$$

Для случая последовательного включения C_0R_0 (большая ёмкостная слагающая)

$$Z_{вх} = R_0 + \frac{1}{i\omega C_0},$$

откуда модуль

$$Z_{вх} = \sqrt{\frac{1 + \omega^2 + R_0^2 C_0^2}{\omega C_0}}$$

и фазовый угол

$$S_{вх} = -\operatorname{arc\,tg} \frac{1}{\omega R_0 C_0}.$$

ТАБЛИЦЫ И НОМОГРАММЫ ДЛЯ БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИХСЯ ВЕЛИЧИН

Для быстрого перевода частоты в длину волны и обратно служит таблица (приложение 1), составленная на основе соотношения:

$$f = \frac{300\,000}{\lambda},$$

где f — частота в *кгц*, а λ — длина волны в *м*.

В приложении 2 приведены часто применяемые величины и соотношения метрической системы мер, а также дан перевод величин ёмкостей и индуктивностей из одних единиц в другие и перевод децибел в неперы и обратно.

Для перевода отношений двух напряжений или мощностей в децибелы и неперы служит график (приложение 3).

Для быстрого определения величины индуктивного сопротивления на основе формулы: $\omega L = 2\pi f L$ *ом* $= 6{,}283\ f_{мгц}\ L_{мкгн}$ *ом* служит график (приложение 4), где по оси ординат отложены значения индуктивности L, а по оси абсцисс значения частоты f. Величина сопротивления ωL находится приближённо по нанесённым на график прямым.

Для быстрого определения ёмкостного сопротивления на основе формулы: $\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$ *ом* $= \frac{1{,}59 \cdot 10^5}{f_{мкгн}\ C_{пкф}}$ *ом* служит график (приложение 5), аналогичный графику для определения индуктивного сопротивления.

Для быстрого определения резонансной частоты на основе формулы:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1{,}59 \cdot 10^8}{\sqrt{L_{мкгн}\ C_{пкф}}}\ гц$$

служит график (приложение 6), где по оси ординат отложены величины индуктивности L, а по оси абсцисс значения резонансной частоты f; каждая из нанесённых на график прямых соответствует определённой величине ёмкости C.

ПЕРЕВОД ЧАСТОТ В ДЛИНЫ ВОЛН И ОБРАТНО

а) 3 000 000 — 5 *кгц*

кгц или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*
3 000 000	0,100	1 250 000	0,240	200 000	1,500	20 000	15,00	9 000	33,3	6 500	46,2	4 600	65,2	3 600	83,3
2 950 000	0,102	1 225 000	0,245	195 000	1,539	19 500	15,39	8 950	33,5	6 450	46,5	4 580	65,5	3 580	83,8
2 900 000	0,103	1 200 000	0,250	190 000	1,579	19 000	15,79	8 900	33,7	6 400	46,9	4 560	65,8	3 560	84,3
2 850 000	0,105	1 175 000	0,255	185 000	1,622	18 500	16,22	8 850	33,9	6 350	47,2	4 540	66,1	3 540	84,7
2 800 000	0,107	1 150 000	0,261	180 000	1,667	18 000	16,67	8 800	34,1	6 300	47,6	4 520	66,4	3 520	85,2
2 750 000	0,109	1 125 000	0,267	175 000	1,714	17 500	17,14	8 750	34,3	6 250	48,0	4 500	66,7	3 500	85,7
2 700 000	0,111	1 100 000	0,273	170 000	1,765	17 000	17,65	8 700	34,5	6 200	48,4	4 480	67,0	3 480	86,2
2 650 000	0,113	1 075 000	0,279	165 000	1,818	16 500	18,18	8 650	34,7	6 150	48,8	4 460	67,3	3 460	86,7
2 600 000	0,115	1 050 000	0,286	160 000	1,875	16 000	18,75	8 600	34,9	6 100	49,2	4 440	67,6	3 440	87,2
2 550 000	0,118	1 025 000	0,293	155 000	1,936	15 500	19,36	8 550	35,1	6 050	49,6	4 420	67,9	3 420	87,7
2 500 000	0,120	**1 000 000**	0,300	150 000	2,000	15 000	20,00	8 500	35,3	6 000	50,0	4 400	68,2	3 400	88,2
2 450 000	0,122	980 000	0,306	145 000	2,069	14 750	20,34	8 450	35,5	5 950	50,4	4 380	68,5	3 380	88,8
2 400 000	0,125	960 000	0,312	140 000	2,143	14 500	20,69	8 400	35,7	5 900	50,8	4 360	68,8	3 360	89,3
2 350 000	0,128	940 000	0,319	135 000	2,222	14 250	21,05	8 350	35,9	5 850	51,3	4 340	69,1	3 340	89,8
2 300 000	0,130	920 000	0,326	130 000	2,308	14 000	21,43	8 300	36,1	5 800	51,7	4 320	69,4	3 320	90,4
2 250 000	0,133	900 000	0,333	125 000	2,400	13 750	21,82	8 250	36,4	5 750	52,2	4 300	69,8	3 300	90,9
2 200 000	0,136	880 000	0,341	120 000	2,500	13 500	22,22	8 200	36,6	5 700	52,6	4 280	70,1	3 280	91,5
2 150 000	0,140	860 000	0,349	115 000	2,609	13 250	22,64	8 150	36,8	5 650	53,1	4 260	70,4	3 260	92,0
2 100 000	0,143	840 000	0,357	110 000	2,727	13 000	23,08	8 100	37,0	5 600	53,6	4 240	70,8	3 240	92,6
2 050 000	0,146	820 000	0,366	105 000	2,857	12 750	23,53	8 050	37,3	5 550	54,1	4 220	71,1	3 220	93,2

2 000 000	0,150	800 000	0,375	100 000	3,00	12 500	24,00	8 000	37,5	5 500	54,5	4 200	71,4	3 200	93,8
1 975 000	0,152	780 000	0,385	95 000	3,16	12 250	24,49	7 950	37,7	5 450	55,0	4 180	71,8	3 180	94,3
1 950 000	0,154	760 000	0,395	90 000	3,33	12 000	25,00	7 900	38,0	5 400	55,6	4 160	72,1	3 160	94,9
1 925 000	0,156	740 000	0,405	85 000	3,53	11 750	25,53	7 850	38,2	5 350	56,1	4 140	72,5	3 140	95,5
1 900 000	0,158	720 000	0,417	80 000	3,75	11 500	26,09	7 800	38,5	5 300	56,6	4 120	72,8	3 120	96,2
1 875 000	0,160	700 000	0,429	75 000	4,00	11 250	26,67	7 750	38,7	5 250	57,1	4 100	73,2	3 100	96,8
1 850 000	0,162	680 000	0,441	70 000	4,29	11 000	27,27	7 700	39,0	5 200	57,7	4 080	73,5	3 080	97,4
1 825 000	0,164	660 000	0,455	65 000	4,62	10 750	27,91	7 650	39,2	5 150	58,3	4 060	73,9	3 060	98,0
1 800 000	0,167	640 000	0,469	60 000	5,00	10 500	28,57	7 600	39,5	5 100	58,8	4 040	74,3	3 040	98,7
1 775 000	0,169	620 000	0,484	55 000	5,45	10 250	29,27	7 550	39,7	5 050	59,4	4 020	74,6	3 020	99,3
1 750 000	0,171	600 000	0,500	50 000	6,00	10 000	30,0	7 500	40,0	5 000	60,0	4 000	75,0	3 000	100,0
1 725 000	0,174	580 000	0,517	48 000	6,25	9 950	30,2	7 450	40,3	4 980	60,2	3 980	75,4	2 980	100,7
1 700 000	0,176	560 000	0,536	46 000	6,52	9 900	30,3	7 400	40,5	4 960	60,5	3 960	75,8	2 960	101,4
1 675 000	0,179	540 000	0,556	44 000	6,82	9 850	30,5	7 350	40,8	4 940	60,7	3 940	76,1	2 940	102,0
1 650 000	0,182	520 000	0,577	42 000	7,14	9 800	30,6	7 300	41,1	4 920	61,0	3 920	76,5	2 920	102,7
1 625 000	0,185	500 000	0,600	40 000	7,50	9 750	30,8	7 250	41,4	4 900	61,2	3 900	76,9	2 900	103,4
1 600 000	0,188	480 000	0,625	38 000	7,89	9 700	30,9	7 200	41,7	4 880	61,5	3 880	77,3	2 880	104,2
1 575 000	0,190	460 000	0,652	36 000	8,33	9 650	31,1	7 150	42,0	4 860	61,7	3 860	77,7	2 860	104,9
1 550 000	0,194	440 000	0,682	34 000	8,82	9 600	31,2	7 100	42,3	4 840	62,0	3 840	78,1	2 840	105,6
1 525 000	0,197	420 000	0,714	32 000	9,38	9 550	31,4	7 050	42,6	4 820	62,2	3 820	78,5	2 820	106,4
1 500 000	0,200	400 000	0,750	30 000	10,00	9 500	31,6	7 000	42,9	4 800	62,5	3 800	78,9	2 800	107,1
1 475 000	0,203	380 000	0,789	29 000	10,34	9 450	31,7	6 950	43,2	4 780	62,8	3 780	79,4	2 780	107,9
1 450 000	0,207	360 000	0,833	28 000	10,71	9 400	31,9	6 900	43,5	4 760	63,0	3 760	79,8	2 760	108,7
1 425 000	0,211	340 000	0,882	27 000	11,11	9 350	32,1	6 850	43,8	4 740	63,3	3 740	80,2	2 740	109,5
1 400 000	0,214	320 000	0,938	26 000	11,54	9 300	32,3	6 800	44,1	4 720	63,6	3 720	80,6	2 720	110,3
1 375 000	0,218	300 000	1,000	25 000	12,00	9 250	32,4	6 750	44,4	4 700	63,8	3 700	81,1	2 700	111,1
1 350 000	0,222	280 000	1,071	24 000	12,50	9 200	32,6	6 700	44,8	4 680	64,1	3 680	81,5	2 680	111,9
1 325 000	0,226	260 000	1,154	23 000	13,04	9 150	32,8	6 650	45,1	4 660	64,4	3 660	82,0	2 660	112,8
1 300 000	0,231	240 000	1,250	22 000	13,64	9 100	33,0	6 600	45,5	4 640	64,7	3 640	82,4	2 640	113,6
1 275 000	0,235	220 000	1,364	21 000	14,29	9 050	33,1	6 550	45,8	4 620	64,9	3 620	82,9	2 620	114,5

кгц или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*
2 600	115,4	2 100	142,9	1 800	166,7	1 550	193,6	1 300	230,8	1 050	285,7
2 580	116,3	2 080	144,2	1 790	167,6	1 540	194,8	1 290	232,6	1 040	288,5
2 560	117,2	2 060	145,6	1 780	168,5	1 530	196,1	1 280	234,4	1 030	291,3
2 550	118,1	2 040	147,1	1 770	169,5	1 520	197,4	1 270	236,2	1 020	294,1
2 520	119,1	2 020	148,5	1 760	170,5	1 510	198,7	1 260	238,1	1 010	297,0
2 500	120,0	2 000	150,0	1 750	171,4	1 500	200,0	1 250	240,0	1 000	300
2 480	121,0	1 990	150,8	1 740	172,4	1 490	201,3	1 240	241,9	990	303
2 460	122,0	1 980	151,5	1 730	173,4	1 480	202,7	1 230	243,9	980	306
2 440	123,0	1 970	152,3	1 720	174,4	1 470	204,1	1 220	245,9	970	309
2 420	124,0	1 960	153,1	1 710	175,4	1 460	205,5	1 210	247,9	960	312
2 400	125,0	1 950	153,9	1 700	176,5	1 450	206,9	1 200	250,0	950	316
2 380	126,1	1 940	154,6	1 690	177,5	1 440	208,3	1 190	252,1	940	319
2 360	127,1	1 930	155,4	1 680	178,6	1 430	209,8	1 180	254,2	930	323
2 340	128,2	1 920	156,3	1 670	179,6	1 420	211,3	1 170	256,4	920	326
2 320	129,3	1 910	157,1	1 660	180,7	1 410	212,8	1 160	258,6	910	330
2 300	130,4	1 900	157,9	1 650	181,8	1 400	214,3	1 150	260,9	900	333
2 280	131,6	1 890	158,7	1 640	182,9	1 390	215,8	1 140	263,2	890	337
2 260	132,7	1 880	159,6	1 630	184,1	1 380	217,4	1 130	265,5	880	341
2 240	133,9	1 870	160,4	1 620	185,2	1 370	219,0	1 120	267,9	870	345
2 220	135,1	1 860	161,3	1 610	186,3	1 360	220,6	1 110	270,3	860	349
2 200	136,4	1 850	162,2	1 600	187,5	1 350	222,2	1 100	272,7	850	353
2 180	137,6	1 840	163,1	1 590	188,7	1 340	223,9	1 090	275,2	840	357
2 160	138,9	1 830	163,9	1 580	189,9	1 330	225,6	1 080	277,8	830	361
2 140	140,2	1 820	164,8	1 570	191,1	1 320	227,3	1 070	280,4	820	366
2 120	141,5	1 810	165,8	1 560	192,3	1 310	229,0	1 060	283,0	810	370

кгц или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*	*кгц* или *м*	*м* или *кгц*
800	375	500	600	200	1 500
790	380	490	612	190	1 579
780	385	480	625	180	1 667
770	390	470	638	170	1 765
760	395	460	652	160	1 875
750	400	450	667	150	2 000
740	405	440	682	140	2 143
730	411	430	698	130	2 308
720	417	420	714	120	2 500
710	423	410	732	110	2 727
700	429	400	750	100	3 000
690	435	390	769	95	3 158
680	441	380	789	90	3 333
670	448	370	811	85	3 529
660	455	360	833	80	3 750
650	462	350	857	75	4 000
640	469	340	882	70	4 286
630	476	330	909	65	4 615
620	484	320	938	60	5 000
610	492	310	968	55	5 455
600	500	300	1 000	50	6 000
590	508	290	1 034	45	6 667
580	517	280	1 071	40	7 500
570	526	270	1 111	35	8 572
560	536	260	1 154	30	10 000
550	545	250	1 200	25	12 000
540	556	240	1 250	20	15 000
530	566	230	1 304	15	20 000
520	577	220	1 364	10	30 000
510	588	210	1 429	5	60 000

б) 25—270 *мгц*

м	*мгц*	*м*	*мгц*	*м*	*мгц*	*м*	*мгц*	*м*	*мгц*	*м*	*мгц*	*м*	*мгц*
12,00	25,000	11,00	27,273	10,00	30,000	9,00	33,333	8,00	37,500	7,00	42,857	6,00	50,000
11,95	25,105	10,95	27,398	9,95	30,151	8,95	33,520	7,95	37,736	6,95	43,166	5,95	50,420
11,90	25,210	10,90	27,523	9,90	30,303	8,90	33,708	7,90	37,975	6,90	43,478	5,90	50,847
11,85	25,317	10,85	27,649	9,85	30,457	8,85	33,899	7,85	38,217	6,85	43,796	5,85	51,285
11,80	25,423	10,80	27,778	9,80	30,612	8,80	34,091	7,80	38,462	6,80	44,117	5,80	51,723
11,75	25,532	10,75	27,907	9,75	30,769	8,75	34,285	7,75	38,710	6,75	44,444	5,75	52,174
11,70	25,641	10,70	28,037	9,70	30,928	8,70	34,482	7,70	38,961	6,70	44,776	5,70	52,631
11,65	25,751	10,65	28,169	9,65	31,088	8,65	34,682	7,65	39,215	6,65	45,113	5,65	53,097
11,60	25,862	10,60	28,301	9,60	31,250	8,60	34,883	7,60	39,473	6,60	45,454	5,60	53,571
11,55	25,974	10,55	28,436	9,55	31,414	8,55	35,067	7,55	39,735	6,55	45,801	5,55	54,053
11,50	26,087	10,50	28,571	9,50	31,579	8,50	35,294	7,50	40,000	6,50	46,154	5,50	54,545
11,45	26,201	10,45	28,708	9,45	31,746	8,45	35,509	7,45	40,269	6,45	46,511	5,45	55,045
11,40	26,316	10,40	28,846	9,40	31,915	8,40	35,714	7,40	40,541	6,40	46,875	5,40	55,555
11,35	26,431	10,35	28,985	9,35	32,086	8,35	35,928	7,35	40,816	6,35	47,244	5,35	56,074
11,30	26,549	10,30	29,126	9,30	32,258	8,30	36,144	7,30	41,096	6,30	47,619	5,30	56,603
11,25	26,667	10,25	29,268	9,25	32,432	8,25	36,364	7,25	41,379	6,25	48,000	5,25	57,143
11,20	26,786	10,20	29,412	9,20	32,608	8,20	36,586	7,20	41,667	6,20	48,386	5,20	57,692
11,15	26,905	10,15	29,557	9,15	32,787	8,15	36,809	7,15	41,958	6,15	48,780	5,15	58,252
11,10	27,027	10,10	29,703	9,10	32,967	8,10	37,037	7,10	42,253	6,10	49,180	5,10	58,813
11,05	27,150	10,05	29,851	9,05	33,149	8,05	37,267	7,05	42,553	6,05	49,787	5,05	59,406

Продолжение

м	*мггц*	*м*	*мггц*	*м*	*мггц*	*м*	*мггц*
5,00	60,000	4,00	75,000	3,00	100,00	2,00	150,00
4,90	61,224	3,90	76,923	2,90	103,45	1,90	157,90
4,80	62,500	3,80	78,947	2,80	107,14	1,80	166,67
4,70	63,830	3,70	81,080	2,70	111,11	1,70	176,47
4,60	65,217	3,60	83,333	2,60	115,38	1,60	187,50
4,50	66,667	3,50	85,715	2,50	120,00	1,50	200,00
4,40	68,182	3,40	88,235	2,40	125,00	1,40	214,28
4,30	69,767	3,30	90,910	2,30	130,43	1,30	230,77
4,20	71,427	3,20	93,750	2,20	136,36	1,20	250,00
4,10	73,170	3,10	96,774	2,10	142,86	1,10	272,73

в) 300 — 15 000 *мггц*

м	*мггц*	*м*	*мггц*	*м*	*мггц*	*м*	*мггц*	*м*	*мггц*
1,00	300,00	0,80	375,00	0,60	500,00	0,40	750,00	0,20	1500
0,98	306,12	0,78	384,62	0,58	517,23	0,38	789,47	0,18	1667
0,96	312,50	0,76	394,73	0,56	535,71	0,36	833,33	0,16	1875
0,94	319,15	0,74	405,41	0,54	555,55	0,34	882,35	0,14	2143
0,92	326,08	0,72	416,67	0,52	576,92	0,32	937,50	0,12	2500
0,90	333,33	0,70	428,57	0,50	600,00	0,30	1000	0,10	3000
0,88	340,91	0,68	441,17	0,48	625,00	0,28	1071	0,08	3750
0,86	348,83	0,66	454,45	0,46	652,17	0,26	1154	0,06	5000
0,84	357,14	0,64	468,75	0,44	681,82	0,24	1250	0,04	7500
0,82	365,86	0,62	483,86	0,42	714,27	0,22	1364	0,02	15000

ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИЕСЯ ВЕЛИЧИНЫ И СООТНОШЕНИЯ

Единицы ёмкости

1 000 000 *см*	= 1,11 *мкф*	= $1{,}11 \cdot 10^6$ *пф*
100 000 *см*	= 0,111 *мкф*	= $1{,}11 \cdot 10^5$ *пф*
10 000 *см*	= 0,0111 *мкф*	= $1{,}11 \cdot 10^4$ *пф*
1000 *см*	= 0,00111 *мкф*	= $1{,}11 \cdot 10^3$ *пф*
100 *см*	= 0,000111 *мкф*	= 111,0 *пф*
10 *см*	= 0,0000111 *мкф*	= 11,1 *пф*
1 *см*	= 0,00000111 *мкф*	= 1,11 *пф*
1 *пф*	= 0,000001 *мкф*	= 0,9 *см*
10 *пф*	= 0,00001 *мкф*	= 9 *см*
100 *пф*	= 0,0001 *мкф*	= 90 *см*
1000 *пф*	= 0,001 *мкф*	= 900 *см*
10 000 *пф*	= 0,01 *мкф*	= 9000 *см*
10^5 *пф*	= 0,1 *мкф*	= 90 000 *см*
10^6 *пф*	= 1,0 *мкф*	= 900 000 *см*

Единицы индуктивности

1 000 000 000 *см*	= 1 *гн*	= 1000 *мгн*
100 000 000 *см*	= 0,1 *гн*	= 100 *мгн*
10 000 000 *см*	= 0,01 *гн*	= 10 *мгн*
1 000 000 *см*	= 0,001 *гн*	= 1 *мгн*
100 000 *см*	= 0,1 *мгн*	= 100 *мкгн*
10 000 *см*	= 0,01 *мгн*	= 10 *мкгн*
1000 *см*	= 0,001 *мгн*	= 1 *мкгн*
100 *см*	= 10^{-4} *мгн*	= 0,1 *мкгн*
10 *см*	= 10^{-5} *мгн*	= 0,01 *мкгн*
1 *см*	= 10^{-6} *мгн*	= 0,001 *мкгн*

Метрические обозначения

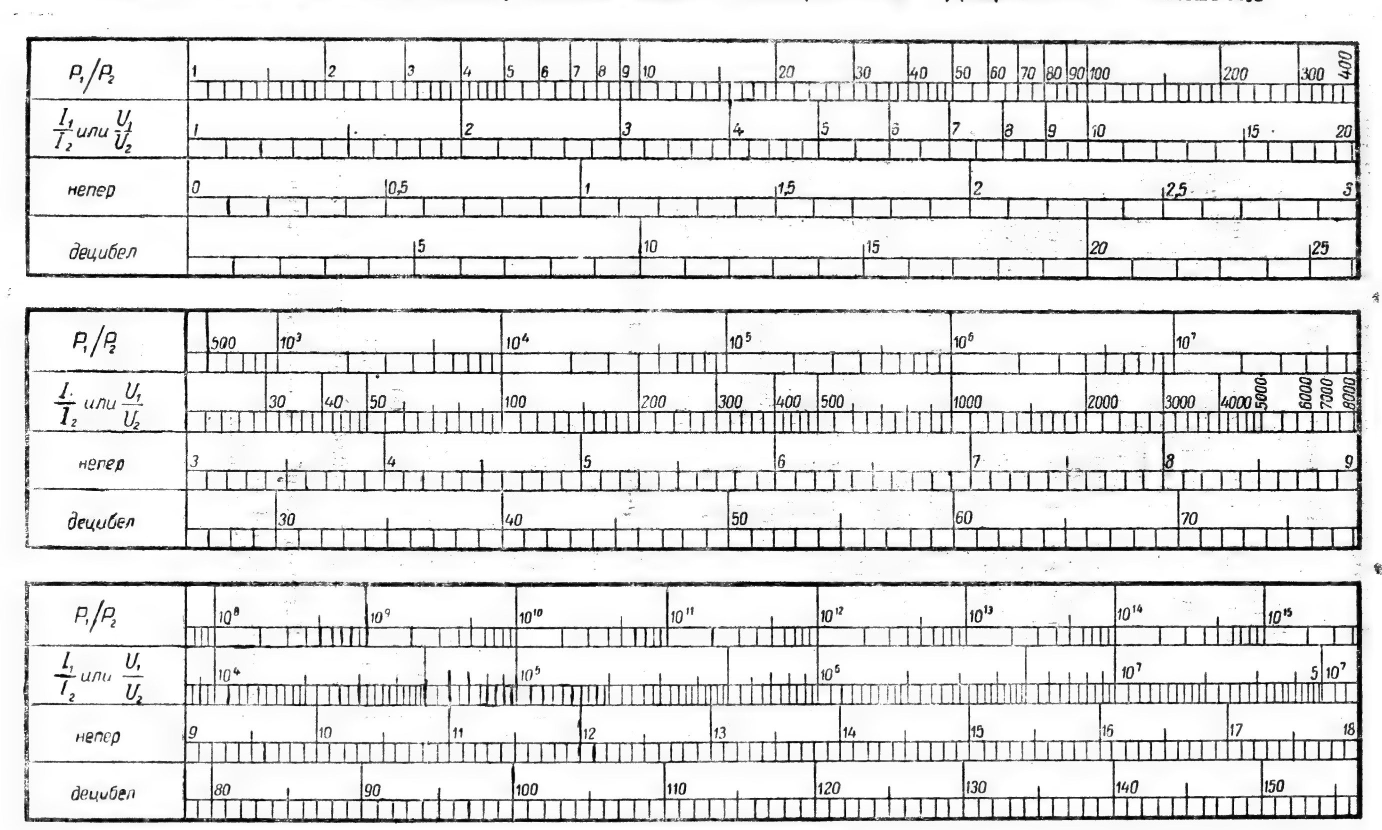
1 мега	= 10^6	= 1 000 000
1 кило	= 10^3	= 1000
1 гекто	= 10^2	= 100
1 дека	= 10^1	= 10
1 деци	= 10^{-1}	= 0,1
1 санти	= 10^{-2}	= 0,01
1 милли	= 10^{-3}	= 0,001
1 микро	= 10^{-6}	= 0,000 001
1 нано	= 10^{-9}	= 0,000 000 001
1 пико	= 10^{-12}	= 0,000 000 000 001 = 1 микромикро

Перевод децибел в неперы и обратно

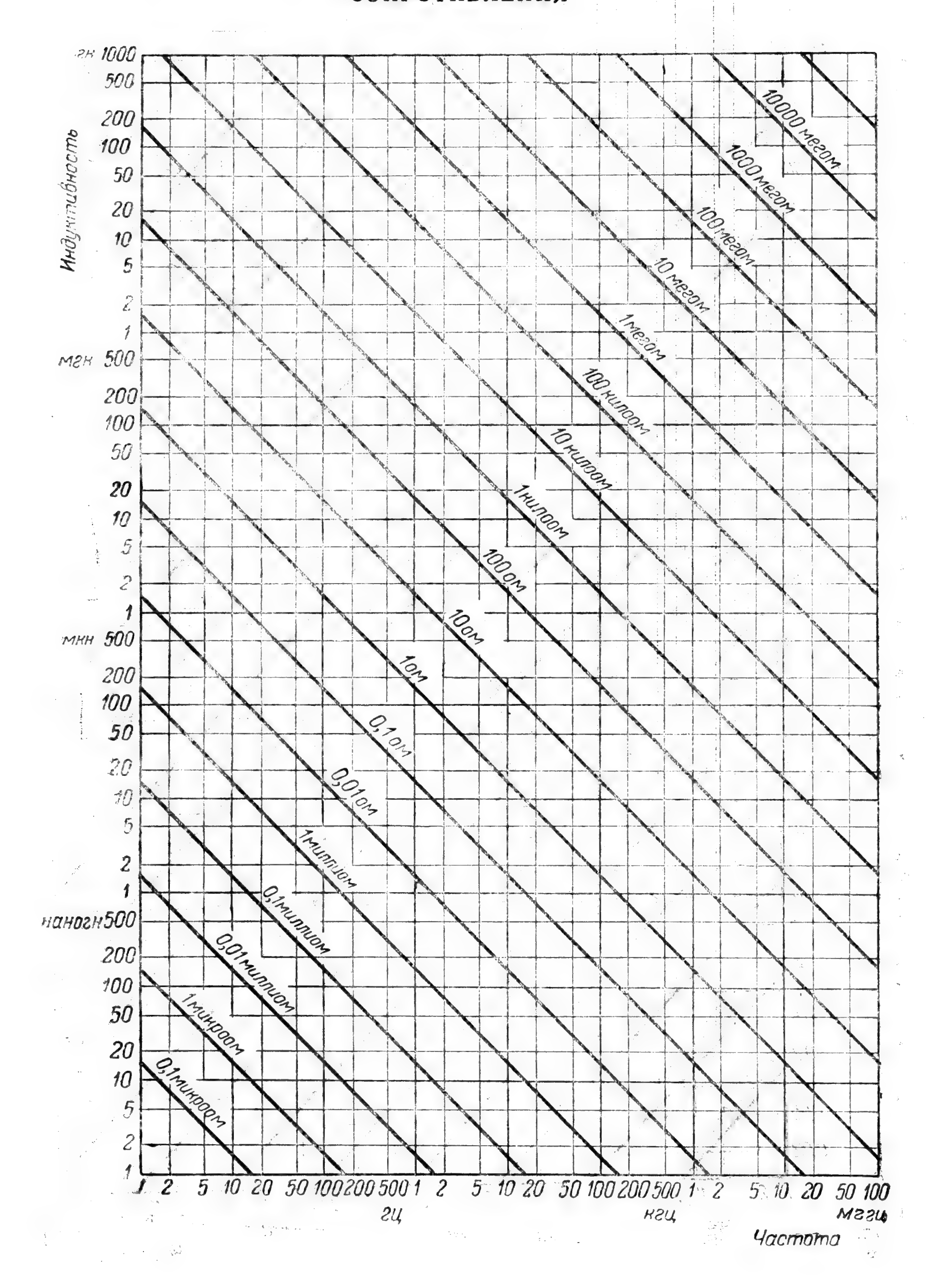
1 децибел = 0,1151 непер
1 непер = 8,686 децибел

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

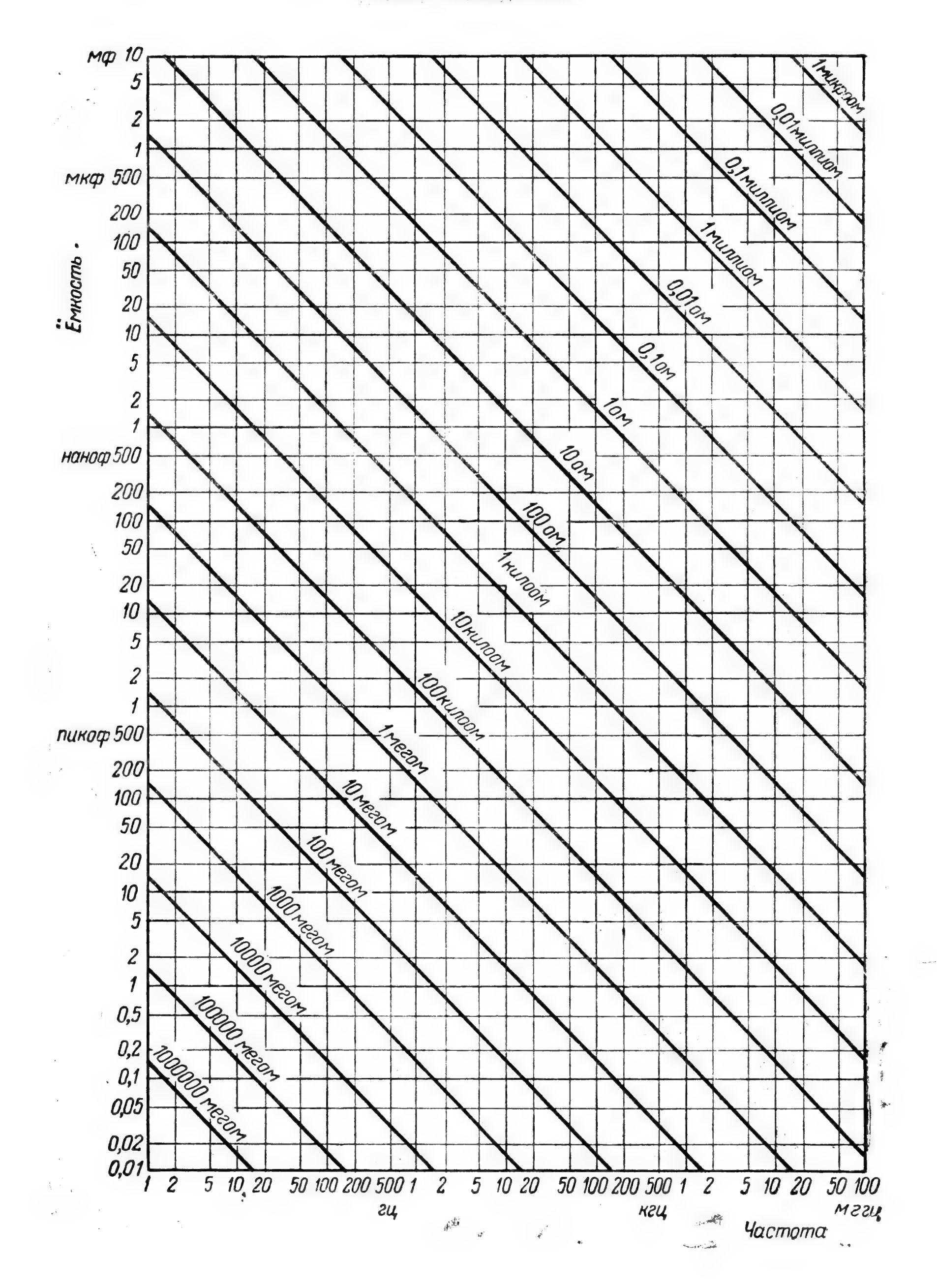
ОТНОШЕНИЯ ВЕЛИЧИН ТОКОВ, НАПРЯЖЕНИЙ И МОЩНОСТЕЙ В ДЕЦИБЕЛАХ И НЕПЕРАХ



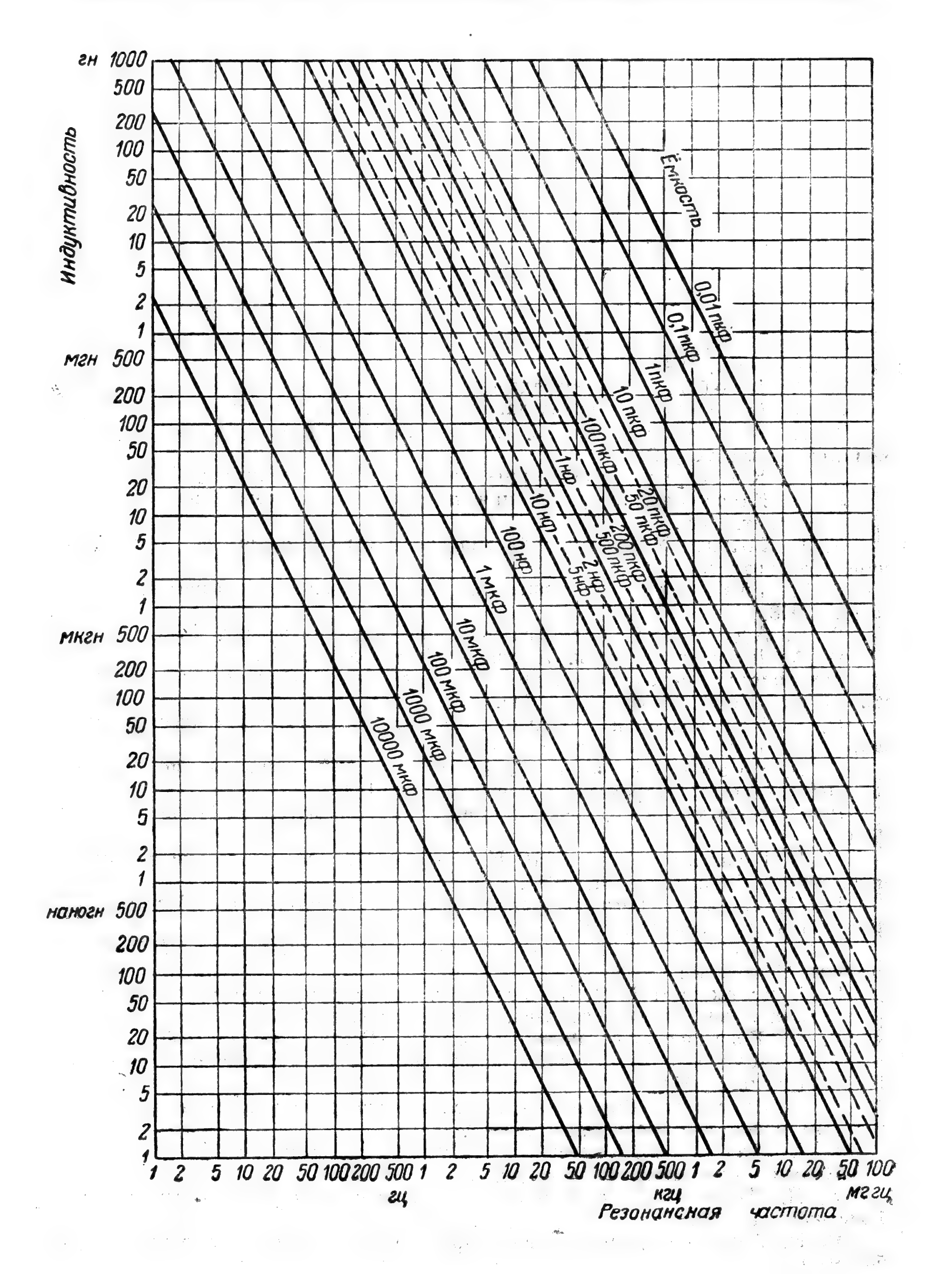
НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДУКТИВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ



НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЁМКОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ



НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЗОНАНСНОЙ ЧАСТОТЫ



ЛИТЕРАТУРА

З. И. Модель и И. Х. Невяжский. Радиопередающие устройства. Связьиздат. 1949.

С. А. Дробов. Радиопередающие устройства. Военизадат. 1951.

С. И. Евтянов. Радиопередающие устройства. Связьиздат. 1950.

А. И. Эйленкриг и С. Е. Гликман. Проектирование и расчёт модуляционных устройств для радиотелефонных передатчиков. ЛЭИС. 1949.

Л. А. Копытин. Передающие радиоцентры. Связьиздат. 1951.

Л. А. Копытин. Эксплуатация и настройка ламповых передатчиков. Связьтехиздат. 1936.

А. Т. Холин. Управление, блокировка и сигнализация на радиостанциях. Связьиздат. 1953.

Г. З. Айзенберг. Антенны для магистральных радиосвязей. Связьиздат. 1948.

В. К. Адамский. Радиоприёмные центры. Связьиздат. 1949.

И. А. Домбровский. Антенны. Связьиздат. 1951.

Руководство по эксплуатации пьезокварцевого хозяйства на передающих радиоцентрах. Связьиздат. 1944.

П. Г. Грудинский. Техническая эксплуатация электрических станций и подстанций. Госэнергоиздат. 1949.

П. В. Кузнецов и В. С. Кондахчан. Справочник по монтажу распределительных устройств. Госэнергоиздат. 1949.

В. С. Кондахчан. Эксплуатация трансформаторов. Госэнергоиздат, 1950.

Л. И. Баптиданов и В. И. Тарасов. Электрические станции и подстанции. Госэнергоиздат. 1941.

П. А. Долин. Ремонт трансформаторов. Издательство Министерства коммунального хозяйства. 1951.

Инженерно-технический справочник по электросвязи. Выпуск VI. Электропитание. Связьиздат. 1948.

Г. С. Дуткин и А. Я. Либерман. Эксплуатация и сооружение высоковольтных линий электропередачи. Госэнергоиздат. 1946.

В. Е. Казанский. Релейная защита. Госэнергоиздат. 1950.

А. И. Кузнецов. Техника безопасности в электрических установках. Госэнергоиздат. 1952.

Г. П. Шкурин. Справочник по электроизмерительным и радиоизмерительным приборам. Военмориздат. 1950.

Г. А. Савицкий. Антенные сооружения. Связьиздат. 1947.

Памятка мачтовика. Связьиздат. 1943.

К. Л. Попов. Слесарь-монтажник насосных фильтровальных станций. Госстройиздат. 1939.

В. Н. Аксёнов. Некоторые вопросы организации регулировочных работ на мощных радиостанциях. «Вестник связи» № 1, 1952.

В. Н. Аксёнов. Осуществление отрицательной обратной связи на передатчиках с анодной модуляцией. «Вестник связи» № 2, 1953.

А. Д. Баранов. Проверка качества газотронов при помощи осциллографа. «Вестник связи» № 12, 1950.

Л. А. Копытин и Е. П. Хмельницкий. Настройка колебательных контуров мощных передатчиков. «Вестник связи» № 7. 1953.

Е. П. Хмельницкий. Схема регулировки частотной характеристики усилителя низкой частоты. «Вестник связи» № 9, 1952.

В. Д. Кузнецов. Синфазная антенна для двух вещательных диапазонов. «Вестник связи» № 5, 1951.

З. В. Топуриа и В. М. Тимофеев. Некоторые вопросы устойчивости и выбора схемы мощной ступени коротковолнового передатчика. «Радиотехника» № 3—4, 1946.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава V. **Эксплуатации ртутных высоковольтных выпрямителей**

Глава VI. **Эксплуатация генераторов с кварцевой стабилизацией**

Глава VII. **Регулировка и настройка радиоцентра**

Глава VIII. **Борьба с паразитными излучениями передатчика**

Стр.

Копытин Леонид Алексеевич

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕРЕДАЮЩИХ РАДИОЦЕНТРОВ.

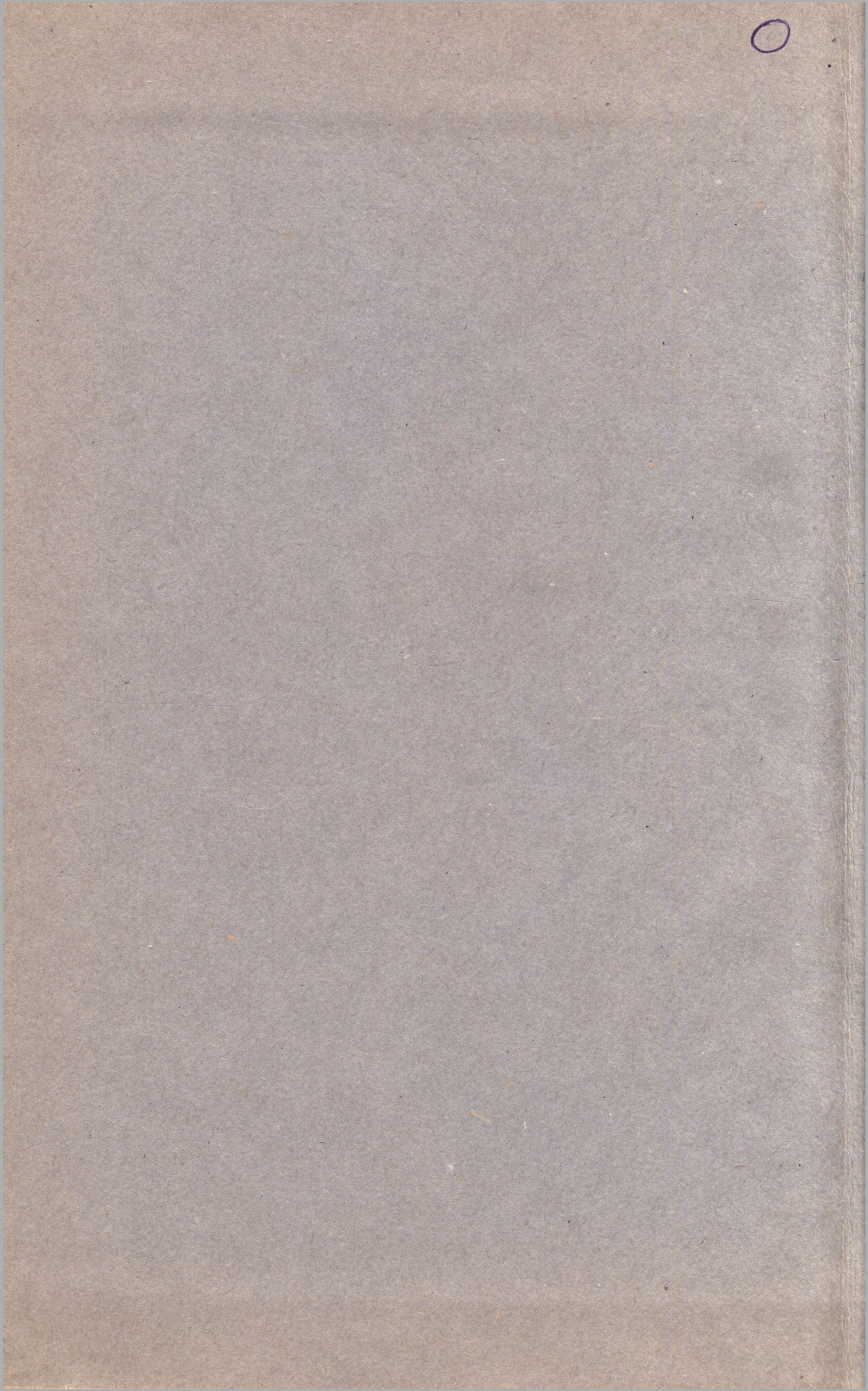
Отв. редактор *Е. П. Хмельницкий* Техн. редактор *Л. М. Хелемская*
Редактор *М. М. Ушомирская* Корректор *Е. А. Куканова*

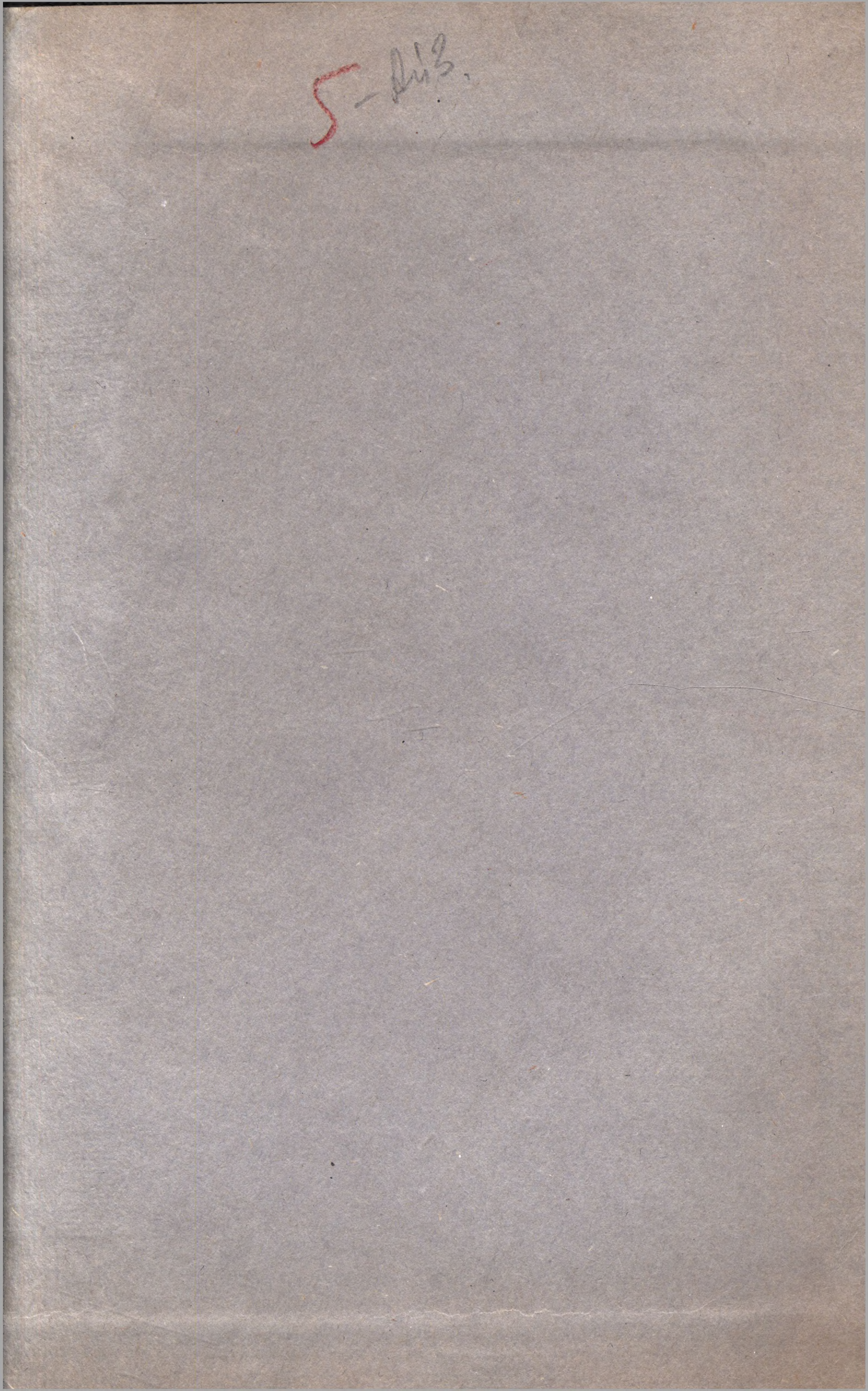
Сдано в набор 28/X 1953 **г.** **Подписано к печати** 4/X 1954 **г.**
Формат бумаги 60×92$^{1}/_{16}$ 27,25 **печ. л.** 25,12 **авт. л.** 26 **уч.-изд. л.**
Тираж 10 000 экз. Л-150846. **Зак. изд.** 5524. **Связьиздат,** Москва-центр,
Чистопрудный бульвар, **д. 2** Цена 13 **руб.** + Переплёт 2 **руб.**

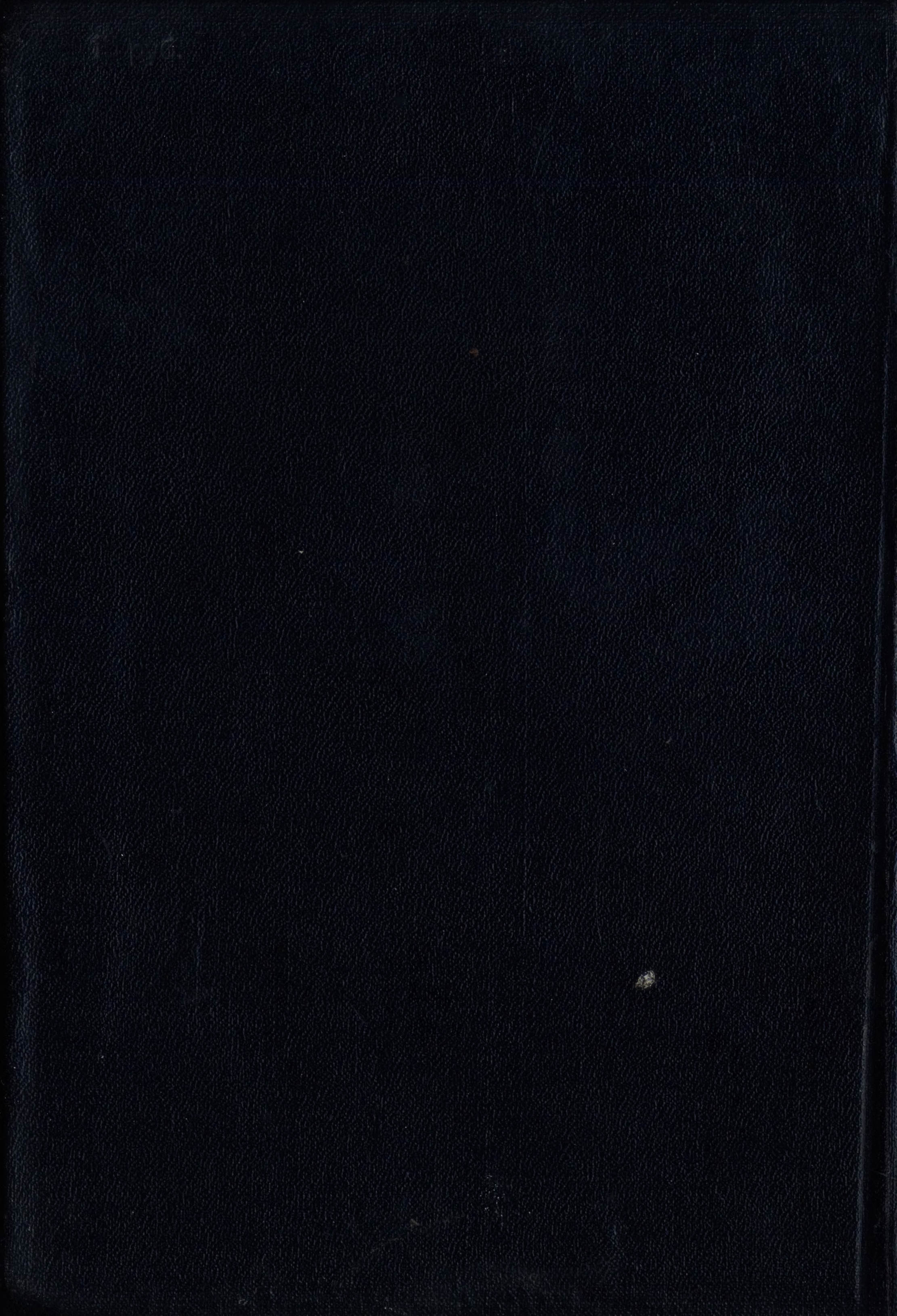
Типография Связьиздата, Москва, **ул. Кирова,** 40. **Зак.** тип. 689.

Опечатки, замеченные в книге Л. А. КОПЫТИНА „Техническая эксплуатация передающих радиоцентров"

Номер страницы	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
23	3 сн.	позволяет измерить как временное, так и амплитудное преобладание	позволяет измерить как постоянное, так и переменное преобладание	Ответственного редактора
56	22 св.	10^4	10^{-4}	типографии
56	2 сн.	10^6	10^{-6}	»
107	3 сн.	анодной нагрузки R	анодной нагрузки R_a	»
124	12 св.	$L_{к2} = L_{к2}$	$L_{к2} = L_{c2}$	»
219	17 св.	Спутаны строки	Обе ветви вместе настроены в резонанс на поглощаемую частоту и представляют для неё большое сопротивление	»
228	Рис. IX.10	Катодный вольтметр для измерения звуковых частот	Купроксный вольтметр для измерения звуковых частот	редакторов
258	11 св.	R	R_s	типографии
277	5, 6, 7 сн.	по группе $\lambda_0 - 12$ и для трансформаторов от 100 *ква* до 1800 *ква* по той же схеме $\lambda_0 - 12$ или по схеме $\lambda\Delta - 11$	по группе $\lambda/\chi_0 - 12$ и для трансформаторов от 100 *ква* до 1800 *ква* по той же схеме $\lambda/\chi_0 - 12$ или по схеме $\lambda/\Delta - 11$	типографии
338	16 сн.	напряжения пучности $U_{мин}$ к напряжению $U_{макс}$ в узле	напряжения в узле $U_{мин}$ к напряжению $U_{макс}$ в пучности	автора
358	5 сн.	где—проводимость...	где δ—проводимость...	типографии
358	15 сн.	P'_{Σ}	P_{Σ}	»
361	14 св.	$f(I)$	$f(I_A)$	»
361	24 св.	$f(\ )$	$f(\rho)$	»
374	7 сн.	панель	петель	»







ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ПЕРЕДАЮЩИХ РАДИОЦЕНТРОВ